



**TUGAS AKHIR – SS141501**

**PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DAN  
JUMLAH KEMATIAN BAYI DI PROVINSI  
SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN  
*BIVARIATE GENERALIZED POISSON  
REGRESSION***

**YESI ARDILA  
NRP 1315 105 004**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Purhadi M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR – SS141501**

**PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DAN  
JUMLAH KEMATIAN BAYI DI PROVINSI  
SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN  
*BIVARIATE GENERALIZED POISSON  
REGRESSION***

**YESI ARDILA  
NRP 1315 105 004**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Purhadi, M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT – SS141501**

**MODELING OF MATERNAL AND INFANT  
MORTALITY NUMBER IN SUMATERA BARAT  
USING BIVARIATE GENERALIZED POISSON  
REGRESSION**

**YESI ARDILA  
NRP 1315 105 004**

**Supervisor  
Dr. Purhadi, M.Sc**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DAN JUMLAH KEMATIAN BAYI DI PROVINSI SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN *BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**YESI ARDILA**  
NRP. 1315 105 004

Disetujui oleh Pembimbing:

Dr. Purnadi, M.Sc.  
NIP. 19620204 198701 1 001

(  )

Mengetahui,  
Kepala Departemen

  
Dr. Suhartono  
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2017

# **PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DAN JUMLAH KEMATIAN BAYI DI PROVINSI SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN *BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION***

**Nama Mahasiswa** : Yesi Ardila  
**NRP** : 1315 105 004  
**Departemen** : Statistika  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Purhadi, M. Sc

## **Abstrak**

*Angka Kematian Ibu Sumatera Barat sebesar 212 per 100.000 kelahiran hidup (KH), sedangkan Angka Kematian Bayi Sumatera Barat sebesar 27 per 1000 KH. Hal ini menunjukkan AKI dan AKB Sumatera Barat masih jauh dari target MDG's. Dengan demikian, perlu adanya perhatian pemerintah dalam rangka menurunkan AKI dan AKB dengan memerhatikan faktor-faktor yang memengaruhinya. Salah satu analisis statistik dengan tujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kematian ibu dan bayi adalah Bivariate Generalized Poisson Regression (BGPR). BGPR dapat menangani kasus overdispersi pada jumlah kematian ibu dan bayi. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data jumlah kematian ibu dan bayi Provinsi Sumatera Barat tahun 2014 serta faktor-faktor yang diduga memengaruhinya. Berdasarkan hasil analisis diperoleh variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani dan persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan. Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan Antenatal Care (K4), persentase penduduk miskin, persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan, dan persentase perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf.*

**Kata kunci** : *BGPR, Kematian Bayi, Kematian Ibu, Over-dispersi, Sumatera Barat*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# MODELING OF MATERNAL AND INFANT MORTALITY NUMBER IN SUMATERA BARAT USING BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION

**Student Name** : Yesi Ardila  
**NRP** : 1315 105 004  
**Department** : Statistics  
**Supervisor** : Dr. Purhadi, M. Sc

## Abstract

*MMR in West Sumatra was 212 per 100,000 live births (KH), while IMR of West Sumatra was 27 per 1000 KH. MMR and IMR's West Sumatra is still far from MDG's target. Based on those reasons, government attention is needed to reduce MMR and IMR by considering to the cause factors. One of statistical analysis to know the cause factors that influence the number of maternal mortality and infant mortality is Bivariate Generalized Poisson Regression (BGPR). BGPR is conducted to handle overdispersion cases in the number of maternal mortality and infant mortality. The data used in this study is data on the number of maternal mortality and infant mortality of West Sumatera Province in 2014 as well as factors that allegedly influence it. Based on analysis result, it can be found that the most significant variable to the number of maternal mortality is percentage of obstetric complication handled and the percentage of parturition handled by health personnel. Variable which have significant effect to the number of infant mortality is percentage of obstetric complication handled, the percentage of pregnant women that get service of Antenatal Care (K4), the percentage of poor society, the percentage of parturition handled by health personnel, and the percentage of women aged 15-64 years that are illiterate.*

**Keywords** : *BGPR, Infant Mortality, Maternal Death, Over-dispersion, West Sumatera*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kekuatan dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam selalu tercurah pada Nabi Muhammad SAW atas suri tauladannya dalam kehidupan ini sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Barat Menggunakan *Bivariate Generalized Poisson Regression*”**. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Purhadi, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu, bimbingan, dan arahnya kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Dr. Bambang Widjarnako Otok, S.Si, M.Si, dan Dr. Haryono, M.SIE selaku dosen penguji yang telah memberi saran dan kritiknya demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Suhartono, selaku Ketua Departemen Statistika FMIPA-ITS serta Dr. Sutikno, M.Si selaku Ketua Program Studi Sarjana Departemen Statistika FMIPA ITS.
4. Dr. Agus Suharsono, M.Si selaku dosen wali.
5. Segenap dosen pengajar dan para staff Departemen Statistika FMIPA-ITS yang memberikan bekal ilmu, memfasilitasi dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Terimakasih Ibu, Ayah, Kakak dan Adek yang selalu mendukung serta selalu mendo'akan untuk keberhasilan penulis.
7. Teman-teman seperjuangan LJ 2015 selama dua tahun ini, dalam Tugas Akhir dan semasa perkuliahan, terimakasih atas segala bantuan dan semangatnya.
8. Seluruh pihak yang telah banyak membantu penulis dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dalam penulisan ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Statistik Deskriptif.....	7
2.2 Multikolinearitas .....	8
2.3 Deteksi Overdispersi Pada Regresi Poisson .....	9
2.4 Uji Korelasi .....	10
2.5 Distribusi Poisson.....	11
2.5.1 Distribusi Univariat Poisson .....	11
2.5.2 Distribusi Bivariat Poisson.....	12
2.6 Distribusi <i>Bivariate Generalized Poisson</i> .....	12
2.7 Regresi Poisson .....	13
2.8 <i>Generalized Poisson Regression</i> (GPR).....	14
2.9 <i>Bivariate Generalized Poisson Regression</i> .....	15
2.9.1 Penaksiran Parameter BGPR.....	15
2.9.2 Pengujian Parameter Model BGPR.....	24
2.10 Pemilihan Model Terbaik.....	29
2.11 Kematian Ibu dan Kematian Bayi .....	29

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Sumber Data .....	35
3.2 Variabel Penelitian .....	35
3.3 Langkah Analisis .....	38
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	39

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1 Deskripsi Jumlah Kematian Ibu dan Kematian Bayi beserta Faktor-Faktor yang diduga Mengaruhinya .....	41
4.1.1 Jumlah Kematian Bayi .....	44
4.1.2 Jumlah Kematian Ibu .....	45
4.1.3 Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani.....	46
4.1.4 Persentase Ibu Hamil Mendapatkan Pelayanan <i>Antenatal Care</i> (K4) .....	47
4.1.5 Persentase Penduduk Miskin.....	48
4.1.6 Persentase Pengguna KB .....	49
4.1.7 Persentase Persalinan oleh Tenaga Kesehatan.....	49
4.1.8 Persentase Perempuan berumur 15-64 Tahun .....	50
4.1.9 Pola Hubungan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi .....	51
4.2 Pemeriksaan Multikolinearitas.....	54
4.3 Uji Koefisien Korelasi.....	55
4.4 Pengujian Distribusi <i>Bivariate Generalized Poisson</i> .....	56
4.5 Pendeteksian Over/Underdispersi .....	56
4.6 Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Kematian Ibu Provinsi Sumatera Barat Tahun 2014 Menggunakan BGPR.....	57
4.7 Faktor yang Berpengaruh Signifikan Terhadap Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi ....	63

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Modifikasi Model Konseptual McCarrthy dan Maine (1992) pada Hubungan Jumlah Kematian Bayi dan Jumlah Kematian Ibu dengan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Sumatera Barat Tahun 2014 .....	31
<b>Gambar 3.1</b>	Provinsi Sumatera Barat .....	35
<b>Gambar 3.2</b>	Langkah-Langkah Analisis .....	39
<b>Gambar 4.1</b>	Penyebaran Jumlah Kematian Bayi .....	44
<b>Gambar 4.2</b>	Penyebaran Jumlah Kematian Ibu .....	45
<b>Gambar 4.3</b>	Penyebaran Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani .....	46
<b>Gambar 4.4</b>	Penyebaran Persentase Ibu Hamil yang Mendapatkan Pelayanan <i>Antenatal Care</i> .....	47
<b>Gambar 4.5</b>	Penyebaran Persentase Penduduk Miskin .....	48
<b>Gambar 4.6</b>	Penyebaran Persentase Pengguna Alat KB .....	49
<b>Gambar 4.7</b>	Penyebaran Persentase Persalinan oleh Tenaga Kesehatan .....	50
<b>Gambar 4.8</b>	Penyebaran Persentase Perempuan Berumur 15-64 Tahun .....	51
<b>Gambar 4.9</b>	<i>Scatterplot</i> Jumlah Kematian Bayi .....	52
<b>Gambar 4.10</b>	<i>Scatterplot</i> Jumlah Kematian Ibu .....	53

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b>	Variabel Penelitian .....	36
<b>Tabel 3.1</b>	Struktur Data .....	38
<b>Tabel 4.1</b>	Statistika Deskriptif Variabel Penelitian .....	41
<b>Tabel 4.2</b>	Koefisien Korelasi Antar Variabel Prediktor .....	54
<b>Tabel 4.3</b>	Nilai VIF dari Variabel Prediktor.....	55
<b>Tabel 4.4</b>	Nilai <i>Deviance</i> dan <i>Pearson</i> dari Model Regresi Poisson .....	57
<b>Tabel 4.5</b>	Pemilihan Model Terbaik.....	57
<b>Tabel 4.6</b>	Estimasi Parameter Model BGPR .....	58
<b>Tabel 4.7</b>	Nilai $Z_{hit}$ parameter dispersi .....	61
<b>Tabel 4.8</b>	Nilai $Z_{hit}$ parameter Model BGPR .....	62

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Data Jumlah Kematian Ibu dan Kematian Bayi serta Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Sumatera Barat Tahun 2014.....	69
<b>Lampiran 2</b>	Koefisien Korelasi Variabel Respon.....	70
<b>Lampiran 3</b>	Pemeriksaan Multikolinieritas .....	71
<b>Lampiran 4</b>	Macro SAS Pendeteksian Overdispersi/ Underdispersi .....	72
<b>Lampiran 5</b>	Hasil Output Pendeteksian Overdispersi/ Underdispersi .....	74
<b>Lampiran 6</b>	Program R untuk Model BGPR .....	75
<b>Lampiran 7</b>	Langkah Menjalankan Program R BGPR .....	80
<b>Lampiran 8</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6$ .....	81
<b>Lampiran 9</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_2 X_3 X_5 X_6$ .....	82
<b>Lampiran 10</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2 X_3 X_4 X_5 X_6$ .....	83
<b>Lampiran 11</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2 X_3 X_5 X_6$ .....	84
<b>Lampiran 12</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_2 X_3 X_6$ .....	85
<b>Lampiran 13</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_2 X_3 X_4 X_5$ .....	86
<b>Lampiran 14</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_2 X_4 X_5$ .....	87
<b>Lampiran 15</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_3 X_6$ .....	88
<b>Lampiran 16</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_3 X_6$ .....	89
<b>Lampiran 17</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2 X_3 X_6$ .....	90
<b>Lampiran 18</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1 X_2 X_3 X_5$ .....	91

<b>Lampiran 19</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1$ $X_2$ $X_5$ .....	92
<b>Lampiran 20</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2$ $X_3$ $X_5$ .....	93
<b>Lampiran 21</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2$ $X_3$ $X_4$ $X_5$ .....	94
<b>Lampiran 22</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2$ $X_3$ .....	95
<b>Lampiran 23</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_1$ $X_2$ .....	96
<b>Lampiran 24</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2$ $X_4$ $X_5$ .....	97
<b>Lampiran 25</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2$ $X_5$ .....	98
<b>Lampiran 26</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_3$ .....	99
<b>Lampiran 27</b>	Hasil Program R untuk Model BGPR Menggunakan Variabel $X_2$ .....	100

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Angka Kematian Ibu (AKI) dan Angka Kematian Bayi (AKB) merupakan salah satu indikator derajat kesehatan yang menjadi salah satu target dalam tujuan pembangunan *Millenium Development Goals* (MDG's). MDG's pada tahun 2015 menargetkan AKI menurun sebesar 102/100000 kelahiran hidup (KH) dan AKB menurun sebesar 23/1000 KH. Berdasarkan Survei Demografi dan Kesehatan (SDKI) 2007 dan 2012, jumlah AKB di Indonesia sudah mengalami penurunan dari 34/1000 kelahiran hidup pada tahun 2007 menjadi 32/1000 kelahiran hidup pada tahun 2012. Sementara itu, AKI di Indonesia mengalami penurunan sejak tahun 1991 sampai dengan 2007, yaitu dari 390 menjadi 228. Sementara itu, SDKI tahun 2012 menunjukkan peningkatan AKI yang signifikan yaitu menjadi 359 kematian ibu per 100.000 kelahiran hidup. Akan tetapi, berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2015, AKI pada tahun 2015 mengalami penurunan menjadi 305 kematian ibu per 100.000 kelahiran hidup. Namun, di negara berkembang seperti Indonesia AKI dan AKB masih belum mencapai target MDG's dimana AKI dan AKB yang masih belum memenuhi target MDG's yakni 228/ 100000 KH dan 27/1000 KH (Kemenkes RI, 2015).

Salah satu provinsi di Indonesia dengan AKI dan AKB yang masih belum memenuhi target MDG's adalah Provinsi Sumatera Barat. Berdasarkan Survei yang dilakukan oleh Fakultas Kedokteran Universitas Andalas 2008, AKI Provinsi Sumatera Barat sebesar 212 per 100.000 KH. Hal ini menunjukkan AKI Sumatera Barat masih jauh dari target MDG's. Sementara AKB di Provinsi Sumatera Barat mengalami penurunan pada tahun 2012 sebesar 27 per 1000 kelahiran hidup (Dinkes, 2014). Hal ini menunjukkan perlu adanya perhatian pemerintah dalam rangka menurunkan AKI dan AKB.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan jumlah kematian ibu maupun kematian bayi adalah dengan memperhatikan faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap tingginya jumlah kematian ibu dan bayi. Menurut UNICEF (2012), sebagian besar kematian anak di Indonesia terjadi pada masa baru lahir (*neonatal*), bulan pertama kehidupan. Kematian anak di Indonesia disebabkan oleh infeksi dan penyakit anak-anak lainnya. Angka kematian anak telah mengalami penurunan seiring dengan peningkatan pendidikan ibu dan akses ke pelayanan kesehatan. Anak-anak dari ibu yang kurang berpendidikan umumnya memiliki angka kematian yang lebih tinggi daripada mereka yang lahir dari ibu yang lebih berpendidikan.

Tingginya kematian ibu di Provinsi Sumatera Barat disebabkan oleh hipertensi dan pendarahan. Selain itu, keterlambatan seorang ibu hamil untuk memeriksakan kandungannya juga merupakan permasalahan para bidan dalam menangani para ibu hamil. Hal lainnya yang menyebabkan tingginya AKI dan AKB Provinsi Sumatera Barat adalah kultur budaya masyarakat yang terlalu lama dalam merumuskan dimana tempat persalinan yang menyebabkan keterlambatan seorang ibu hamil dibawa ke bidan. Ibu hamil yang melahirkan dengan menggunakan fasilitas kesehatan memungkinkan untuk memperoleh akses ke pelayanan obstetrik darurat dan perawatan bayi baru lahir meskipun pelayanan ini tidak selalu tersedia di semua fasilitas kesehatan.

Sekitar 61% perempuan usia 10-59 tahun melakukan empat kunjungan pelayanan *antenatal* yang disyaratkan selama kehamilan terakhir mereka. 72% perempuan hamil di Indonesia melakukan kunjungan pertama, tetapi putus sebelum empat kunjungan yang direkomendasikan oleh Kementerian Kesehatan. Sekitar 16% perempuan (25% dari perdesaan dan 8% perempuan perkotaan) tidak pernah mendapatkan pelayanan *antenatal care* selama kehamilan terakhir mereka (UNICEF, 2012). Selain itu, angka kematian anak terkait dengan kemiskinan. Anak dalam rumah tangga termiskin umumnya memiliki angka kematian

balita lebih dari dua kali lipat dari angka kematian balita di kelompok paling sejahtera

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rachmah (2014) mengenai jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi menggunakan regresi bivariat poisson menyebutkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu di Provinsi Jawa Timur adalah persentase tenaga kesehatan, sedangkan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase tenaga kesehatan, persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase ibu hamil melaksanakan program K4, persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), persentase ibu hamil mendapatkan tablet Fe3, persentase wanita berstatus kawin dibawah umur 20 tahun dan persentase peserta KB aktif. Menurut Pritasari (2014) dengan menggunakan metode regresi bivariat poisson diperoleh faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu di Provinsi Jawa Timur adalah persentase tenaga kesehatan, sedangkan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase tenaga kesehatan dan persentase persalinan oleh tenaga kesehatan.

Berdasarkan penjelasan di atas, AKI dan AKB berkaitan erat dengan beberapa faktor yang telah dijelaskan tersebut. Untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor yang diduga tersebut, salah satu analisis statistik yang dapat digunakan untuk memodelkan data bertipe diskrit berupa data *count* adalah Regresi Poisson. Model ini dapat digunakan ketika variabel respons yang digunakan merupakan kejadian yang mengikuti distribusi poisson. Suatu kejadian dikatakan berdistribusi poisson adalah ketika nilai rata-rata suatu kejadian tersebut sama dengan nilai variansinya.

Namun, berdasarkan data yang diperoleh dilapangan sering ditemukan rata-rata data tidak sama dengan variansnya yang disebut dengan equidispersi. Salah satu alat statistik yang dapat digunakan untuk mengatasi equidispersi adalah *Generalized Poisson Regression*. Putri (2016) menggunakan model BGPR

pada data jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Provinsi Jawa Tengah karena mengalami kasus overdispersi dan variabel respon yang digunakan merupakan sepasang data *count* berkorelasi. Berdasarkan pemodelan diperoleh faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan dan persentase rumah tangga ber-PHBS. Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani dan persentase rumah tangga ber-PHBS.

Penelitian lain yang juga menggunakan model BGPR dilakukan oleh Wardani (2016) terhadap data jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di provinsi Jawa timur yang juga mengalami overdispersi serta menggunakan variabel yang bivariat. Berdasarkan pemodelan tersebut diperoleh variabel yang signifikan untuk masing-masing variabel respon. Variabel yang signifikan terhadap jumlah kematian bayi di Jawa Timur adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase ibu hamil mendapatkan Fe3, persentase wanita kawin dengan umur perkawinan pertama dibawah umur 17 tahun dan persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4. Sementara variabel signifikan yang berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu di Jawa timur adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani dan persentase wanita kawin dengan umur perkawinan pertama dibawah umur 17 tahun.

Data mengenai jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi Provinsi Sumatera Barat berpotensi terjadinya overdispersi. Dimana jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat terdapat beberapa daerah yang mempunyai jumlah Kematian ibu dan bayi tinggi sehingga menyebabkan terjadinya over/underdispersi. Dengan demikian, salah satu pemodelan yang dapat digunakan untuk memodelkan data tersebut dengan variabel respon bivariat adalah *Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR).



## 1.2 Rumusan Masalah

Jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi merupakan salah satu permasalahan yang mengalami peningkatan dan masih belum mencapai target MDG's. Untuk penanggulangan tingginya jumlah kematian ibu dan kematian bayi tersebut perlu diketahui faktor penyebabnya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi adalah *Bivariate Generalized Poisson Regression (BGPR)*. Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik data jumlah kematian ibu dan kematian bayi serta faktor yang diduga memengaruhinya di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014 dan apa saja faktor yang memengaruhi jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat menggunakan pemodelan BGPR.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi karakteristik dari jumlah kematian ibu dan kematian bayi serta faktor yang diduga memengaruhinya
2. Mendapatkan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu dan kematian bayi Provinsi Sumatera Barat tahun 2014.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini adalah sebagai tambahan informasi bagi dinas kesehatan untuk mengevaluasi upaya penurunan angka kematian ibu dan angka kematian bayi agar terwujud program pembangunan kesehatan dan bermanfaat untuk pengembangan implementasi statistika dalam bidang kesehatan masyarakat dengan model *Bivariate Generalized Poisson Regression*.

### **1.5 Batasan Masalah**

Penelitian ini menggunakan data jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014 dengan unit penelitian adalah tiap kabupaten/kota serta mendapatkan model dengan menggunakan analisis BGPR.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai konsep dan teori dari metode yang digunakan untuk menjawab perumusan masalah dari jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi. Metode yang digunakan diantaranya adalah statistika deskriptif dan *Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR). Selain itu, terdapat teori mengenai kematian ibu dan kematian bayi serta faktor-faktor yang diduga memengaruhinya. Pembahasan mengenai konsep dan teori yang digunakan dalam analisis disajikan sebagai berikut.

### 2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna. Statistika deskriptif memberikan informasi hanya mengenai data yang dimiliki dan sama sekali tidak menarik kesimpulan apapun mengenai sekumpulan data yang lebih besar. Data dapat dideskripsikan menjadi grafik atau tabel dan dideskripsikan secara numerik. Penyajian data secara numerik memberikan informasi berupa ukuran pemusatan, penyebaran data seperti mean, variansi, nilai maksimum, dan nilai minimum (Walpole, 1995). Beberapa persamaan yang digunakan dalam statistika deskriptif adalah sebagai berikut.

#### 1. Rata-rata

Rata-rata merupakan penjumlahan keseluruhan data dibagi dengan banyaknya data. Misalkan diketahui  $n$  data, maka rata-rata dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

#### 2. Varians

Varians merupakan ukuran seberapa jauh sebuah kumpulan bilangan tersebar. Misalkan terdapat  $n$  observasi  $x_1, x_2, \dots, x_n$  dan diperoleh  $\bar{x}$  (rata-rata dari sampel), maka varians dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (2.2)$$

### 3. Nilai Minimum dan Nilai Maksimum

Nilai minimum adalah nilai terendah dari suatu data, sedangkan nilai maksimum adalah nilai tertinggi dari suatu data.

### 4. Peta Tematik

Peta tematik merupakan deskripsi dari sebagian permukaan bumi yang dilengkapi dengan informasi tertentu baik data kualitatif maupun data kuantitatif. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengelompokkan data pada peta tematik adalah *natural breaks*. Metode ini menggunakan algoritma optimasi *jenk's*. Langkah pertama pada algoritma ini adalah mengurutkan data dari data terkecil hingga data terbesar, menghitung jumlah kuadrat penyimpangan dari rata-rata (SDAM), kemudian menghitung deviasi kuadrat antar kelas (SCDM) yang telah ditentukan, dan menentukan jumlah kelas terbaik dengan menggunakan nilai *Goodness of Variance Fit* (GVF), yang didefinisikan sebagai (SDAM-SCDM)/SDAM. Nilai GVF berkisar antara 0 (*awful fit*) sampai 1 (*perfect fit*).

## 2.2 Multikolinieritas

Multikolinieritas adalah kondisi terdapatnya hubungan linier atau korelasi yang tinggi antara masing-masing variabel independen dalam model regresi. Multikolinearitas biasanya terjadi ketika sebagian besar variabel yang digunakan saling terkait dalam suatu model regresi (Draper & Smith, 1992). Pendeteksian adanya kasus multikolinieritas dapat dilihat melalui.

#### 1. *Variance Inflation Factors* (VIF) > 10

VIF dinyatakan sebagai berikut :

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}, j = 1, 2, \dots, k \quad (2.3)$$

dimana  $R_j^2$  merupakan nilai koefisien determinasi antara variabel  $x_j$  dengan variabel prediktor lainnya dengan persamaan sebagai berikut.

$$R_j^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_{ij} - \bar{x}_j)^2}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (2.4)$$

Nilai VIF yang lebih besar dari 10 menunjukkan adanya kasus multikolinieritas antar variabel prediktor.

2. Nilai koefisien korelasi Pearson ( $r_{ij}$ ) antar variabel-variabel prediktor. Mengindikasikan adanya multikolinieritas dengan nilai koefisien korelasi Pearson antar variabel prediktor cukup besar (lebih dari 0,95).

Multikolinieritas dapat diatasi dengan mengeluarkan salah satu variabel independen yang berkorelasi tinggi dengan variabel independen yang lain. Pengeluaran variabel ini dilakukan secara manual ataupun melalui metode *stepwise*. (Hocking, 1996)

### 2.3 Deteksi Overdispersi Pada Regresi Poisson

Metode regresi Poisson mensyaratkan kondisi dimana nilai varians dan *mean* variabel respon bernilai sama atau kondisi equidispersi (Khoshgootaar *et al*, 2004). Sedangkan, dalam analisis regresi Poisson dapat dikatakan overdispersi apabila nilai variansnya lebih besar dari nilai *mean*nya. Namun, jika permasalahan overdispersi ini diabaikan maka akan memiliki dampak yang sama dengan pelanggaran asumsi. Dampak ini terlihat pada nilai *standar error* yang menjadi *under estimate* sehingga kesimpulannya tidak valid.

Menurut McCullagh dan Nelder (1983), kondisi overdispersi dapat ditulis  $Var(Y) > E(Y)$ . Misal  $\theta$  merupakan parameter dispersi maka jika  $\theta=0$  artinya tidak terjadi kasus overdispersi, jika  $\theta>0$  artinya terjadinya kasus overdispersi, dan jika  $\theta<0$  artinya terjadi kasus underdispersi. Overdispersi merupakan nilai dispersi *pearson chi-square* dan *deviance* yang dibagi dengan derajat bebasnya, diperoleh nilai lebih besar dari 1. Kondisi over-

dispersi dapat terjadi karena adanya sumber keragaman yang tidak teramati (Cameron & Trivedi, 1998). Selain itu, Over-dispersi dapat terjadi juga karena adanya pengamatan yang *missing value* pada variabel prediktor, adanya pencilaan pada data, variabel prediktor perlu ditransformasi atau kesalahan spesifik *link function* dan perlunya interaksi dalam model (Hardin & Hilbe, 2007).

## 2.4 Uji Korelasi

Koefisien korelasi merupakan salah satu indikator dalam hubungan linier antar dua variabel (Draper & Smith, 1992). Koefisien korelasi didefinisikan sebagai berikut

$$\rho_{Y_1, Y_2} = \frac{\text{cov}(Y_1, Y_2)}{\sqrt{\text{var}(Y_1) \text{var}(Y_2)}} \quad (2.5)$$

koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga 1, atau  $-1 \leq \rho_{Y_1, Y_2} \leq 1$  sehingga menunjukkan dua hubungan, yaitu hubungan negatif dan positif. Jika nilai korelasi mendekati nilai 1, baik positif ataupun negatif, hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan yang erat. Nilai korelasi 0 menunjukkan bahwa kedua variabel tidak memiliki hubungan erat secara linier. Nilai korelasi yang positif menunjukkan adanya hubungan berbanding lurus pada dua variabel tersebut, sebaliknya nilai korelasi negatif menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik pada kedua variabel. Pengujian korelasi untuk variabel respon dengan hipotesis uji sebagai berikut:

$H_0 : \rho = 0$  (Tidak ada hubungan antara  $Y_1$  dan  $Y_2$ )

$H_1 : \rho \neq 0$  (Terdapat hubungan antara  $Y_1$  dan  $Y_2$ )

Pengujian korelasi variabel respon dilakukan dengan menggunakan statistik uji berikut:

$$t = \frac{r_{Y_1, Y_2} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1 - (r_{Y_1, Y_2})^2}} \quad (2.6)$$

dimana:

$$r_{Y_1, Y_2} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{1i} - \bar{Y}_1)(Y_{2i} - \bar{Y}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{1i} - \bar{Y}_1)^2 \sum_{i=1}^n (Y_{2i} - \bar{Y}_2)^2}}$$

Tolak  $H_0$  apabila  $|t_{hit}| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right)}$ .

## 2.5 Distribusi Poisson

Distribusi Poisson merupakan suatu distribusi untuk peristiwa dengan probabilitas kejadian kecil yang mana kejadiannya bergantung pada interval waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu dengan hasil pengamatan berupa variabel diskrit. Interval waktu tersebut misalnya semenit, sehari, seminggu, sebulan, atau setahun. Daerah tertentu yang dimaksud dapat berupa suatu garis, luasan, volume atau sepotong bahan (Walpole, 1995). Adapun karakteristik dari percobaan yang mengikuti distribusi Poisson adalah sebagai berikut.

1. Kejadian yang terjadi pada populasi yang besar dengan probabilitas yang kecil
2. Kejadian bergantung pada interval waktu tertentu
3. Kejadian termasuk ke dalam *counting process*
4. Perulangan dari kejadian yang mengikuti sebaran distribusi binomial.

### 2.5.1 Distribusi Univariat Poisson

Fungsi probabilitas untuk variabel random  $Y$  berdistribusi Poisson dengan parameter  $\lambda$  berbentuk persamaan berikut.

$$f(y) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!}, & y = 0, 1, 2, \dots, \lambda > 0 \\ 0, & y \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.7)$$

dimana  $\lambda$  merupakan rata-rata suatu kejadian  $Y$  yang bernilai lebih besar atau sama dengan nol (Cameron & Trivedi, 1998).

Dalam distribusi Poisson, rata-rata dan varians yang sama dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E(Y) = \text{Var}(Y) = \lambda \quad (2.8)$$

### 2.5.2 Distribusi Bivariat Poisson

Diberikan variabel random  $Y_1$  dan  $Y_2$  sebagai berikut

$$Y_1 = X_1 + X_0 \quad (2.9)$$

$$Y_2 = X_2 + X_0$$

dengan  $x_0, x_1, x_2$  merupakan variabel random yang masing-masing berdistribusi Poisson dengan parameter  $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$  maka diperoleh fungsi massa peluang gabungannya adalah

$$f(y_1, y_2) = \begin{cases} e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_0)} \sum_{k=0}^{\min(y_1, y_2)} \frac{\lambda_1^{y_1-k} \lambda_2^{y_2-k} \lambda_0^k}{(y_1 - k)! (y_2 - k)! k!}, & y_1, y_2 = 0, 1, 2, \dots \\ 0, & y_1, y_2 \text{ lainnya} \end{cases} \quad (2.10)$$

Jika  $x_0$  dan  $x_1$  saling independen serta  $x_0$  dan  $x_2$  saling independen maka diperoleh  $E(Y_1) = \lambda_1 + \lambda_0$ ,  $E(Y_2) = \lambda_2 + \lambda_0$  dan  $\text{Cov}(Y_1, Y_2) = \lambda_0$ . Parameter  $\lambda_0$  merupakan suatu ukuran untuk mengetahui besarnya korelasi antara  $Y_1$  dan  $Y_2$ . Jika nilai  $\lambda_0 = 0$  maka variabel  $Y_1$  dan  $Y_2$  tidak mengikuti distribusi bivariat.

### 2.6 Distribusi *Bivariate Generalized Poisson*

Fungsi massa peluang dari distribusi *bivariate generalized Poisson* adalah

$$f(y_1, y_2) = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_0 \exp \{ -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_0) - y_1 \alpha_1 - y_2 \alpha_2 \} \sum_{k=0}^{\min(y_1, y_2)} a b \quad (2.11)$$

dimana:

$$a = \frac{1}{(y_1 - k)! (y_2 - k)! k!} (\lambda_1 + (y_1 - k) \alpha_1)^{y_1 - k - 1} (\lambda_2 + (y_2 - k) \alpha_2)^{y_2 - k - 1} (\lambda_0 + k \alpha_0)^{k - 1}$$



$$b = \exp \{ k (\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0) \}, y_1, y_2 = 0, 1, 2, \dots$$

*Mean* dan *varians* distribusi *Bivariate Generalized Poisson* adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} E(Y_1) &= \lambda_1 (1 - \alpha_1)^{-1} + \lambda_0 (1 - \alpha_0)^{-1} \\ \text{Var}(Y_1) &= \lambda_1 (1 - \alpha_1)^{-3} + \lambda_0 (1 - \alpha_0)^{-3} \\ E(Y_2) &= \lambda_2 (1 - \alpha_2)^{-1} + \lambda_0 (1 - \alpha_0)^{-1} \\ \text{Var}(Y_2) &= \lambda_2 (1 - \alpha_2)^{-3} + \lambda_0 (1 - \alpha_0)^{-3} \end{aligned}$$

(Vernic, 1997)

Salah satu statistik uji yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah variabel  $Y_1$  dan  $Y_2$  mengikuti distribusi *Bivariate Generalized Poisson* adalah menggunakan *Crockett's Test* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  : variabel respon  $Y_1$  dan  $Y_2$  mengikuti distribusi *Bivariate Generalized Poisson*

$H_1$  : variabel respon  $Y_1$  dan  $Y_2$  tidak mengikuti distribusi *Bivariate Generalized Poisson*

Statistik Uji :

$$T = \mathbf{Z}' \hat{\mathbf{V}}^{-1} \mathbf{Z} \quad (2.12)$$

dimana:

$$\mathbf{Z}' = [Z_{y_1} \quad Z_{y_2}]; \quad Z_h = \text{var}[Y_h] - \bar{Y}_h, \quad h = 1, 2$$

$$\hat{\mathbf{V}} = \frac{2}{n} \begin{bmatrix} \hat{\lambda}_1 & \hat{\lambda}_{12} \\ \hat{\lambda}_{12} & \hat{\lambda}_2 \end{bmatrix}, \quad n = 1, 2; \quad \hat{\lambda}_h = \text{var}(Y_h);$$

$$\hat{\lambda}_{gh} = \text{cov}(Y_g, Y_h); \quad g, h = 1, 2; \quad g \neq h$$

Daerah penolakan  $H_0$  adalah  $T > \chi^2_{(n, \alpha)}$  (Triyanto, 2017).

## 2.7 Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan salah satu analisis regresi yang menggambarkan hubungan antara variabel respon ( $Y$ ) dan

variabel prediktor (X) dengan mengasumsikan variabel Y berdistribusi Poisson. Menurut Myers (1990) fungsi peluang dari distribusi Poisson dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(y, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!}, y = 0, 1, 2, \dots, \lambda > 0 \quad (2.13)$$

dengan  $\lambda$  merupakan rata-rata variabel random Y yang berdistribusi Poisson dimana nilai rata-rata dan varians mempunyai nilai lebih dari nol. Fungsi yang digunakan dalam model regresi Poisson adalah  $\ln \lambda_i = \eta_i$ . Dengan demikian regresi Poisson dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \text{ dan } j = 1, 2, \dots, k \quad (2.14)$$

dimana

$$\lambda_i = \lambda_i(x_i) = \exp \left[ \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right], i = 1, 2, \dots, n \text{ dan } j = 1, 2, \dots, k$$

## 2.8 Generalized Poisson Regression (GPR)

Model *GPR* merupakan suatu model yang dapat digunakan untuk data *count* dimana terjadi overdispersi atau underdispersi. Dengan demikian, selain parameter  $\lambda$  juga terdapat  $\alpha$  sebagai parameter dispersi. Misal,  $y = 0, 1, 2, \dots$  merupakan variabel respon. Distribusi *GPR* diberikan Famoye, Wulu, & Singh (2004) sebagai berikut.

$$f(y; \lambda; \alpha) = \left( \frac{\lambda}{1 + \alpha \lambda} \right)^y \frac{(1 + \alpha y)^{y-1}}{y!} \exp \left( \frac{-\lambda(1 + \alpha y)}{1 + \alpha \lambda} \right), y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.15)$$

*Mean* dan varians model *GPR* adalah sebagai berikut.

$$E(Y) = \lambda \quad \text{dan} \quad \text{var}(Y) = \lambda(1 + \alpha \lambda)^2 \quad (2.16)$$

Apabila  $\lambda = 0$  maka model *GPR* akan menjadi regresi Poisson biasa, apabila  $\lambda > 0$  maka model *GPR* merepresentasikan data *count* yang overdispersi, dan jika  $\lambda < 0$  maka *GPR* merepresentasikan data *count* yang underdispersi. Model *GPR* me-

miliki bentuk yang sama dengan model regresi Poisson yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\ln \lambda_i &= \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} \\ \lambda_i &= \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}) \quad , i = 1, 2 \dots, n\end{aligned}\quad (2.17)$$

dimana

$$\begin{aligned}\mathbf{x}_i &= [1 \quad x_{i1} \quad x_{i2} \quad \dots \quad x_{ik}]^T \\ \boldsymbol{\beta} &= [\beta_0 \quad \beta_1 \quad \beta_2 \quad \dots \quad \beta_k]^T\end{aligned}$$

## 2.9 *Bivariate Generalized Poisson Regression*

*Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR) adalah pengembangan regresi bivariat Poisson pada data yang mengalami kasus overdispersi atau underdispersi. Misalkan  $(Y_{1i}, Y_{2i}) \sim GPB(\lambda_{1i}, \lambda_{2i}, \alpha_1, \alpha_2)$  maka model dari BGPR disajikan dalam persamaan 2.18 berikut.

$$\begin{aligned}\ln(\lambda_{ji}) &= \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_j \\ &= \beta_{j0} + \beta_{j1} x_{1i} + \beta_{j2} x_{2i} + \dots + \beta_{jk} x_{ki} \\ \lambda_{ji} &= \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_j) \\ &= \exp(\beta_{j0} + \beta_{j1} x_{1i} + \beta_{j2} x_{2i} + \dots + \beta_{jk} x_{ki})\end{aligned}\quad (2.18)$$

dimana

$$\begin{aligned}\mathbf{x}_i &= [1 \quad x_{1i} \quad x_{2i} \quad \dots \quad x_{ki}]^T \\ \boldsymbol{\beta}_j &= [\beta_{j0} \quad \beta_{j1} \quad \beta_{j2} \quad \dots \quad \beta_{jk}]^T\end{aligned}$$

$i = 1, 2, \dots, n$  merupakan banyak pengamatan

$j = 1, 2$  merupakan banyak variabel respon.

### 2.9.1 *Penaksiran Parameter Bivariate Generalized Poisson Regression (BGPR)*

Penaksir parameter model BGPR menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Metode MLE yaitu memaksimumkan fungsi *likelihood*-nya. Kemudian untuk mendapatkan estimasi parameter yang konvergen dilakukan iterasi dengan

menggunakan metode iterasi *Nelder Mead*. Fungsi massa peluang dari BGPR disajikan dalam persamaan 2.19 berikut.

$$f(y_{1i}, y_{2i}) = \lambda_0 \lambda_{1i} \lambda_{2i} e^{-(\lambda_0 + \lambda_{1i} + \lambda_{2i}) - y_{1i} \alpha_1 - y_{2i} \alpha_2} \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} d c \quad (2.19)$$

Dengan fungsi *Likelihood* dari BGPR adalah sebagai berikut.

$$L(\lambda_0, \lambda_{1i}, \lambda_{2i}, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0) = \prod_{i=1}^n \lambda_0 \lambda_{1i} \lambda_{2i} e^{-(\lambda_0 + \lambda_{1i} + \lambda_{2i}) - y_{1i} \alpha_1 - y_{2i} \alpha_2} \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} d c \quad (2.20)$$

dimana:

$$d = \frac{(\lambda_1 + (y_{1i} - k) \alpha_1)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} (e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)})$$

$$c = \frac{(\lambda_2 + (y_{2i} - k) \alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!}$$

Dengan  $\theta = [\lambda_0, \beta_1^T, \beta_2^T, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0]^T$

Kemudian melakukan transformasi  $\lambda_{ji} + \lambda_0 = e^{x_i^T \beta_j}$  ke persamaan 2.20 sehingga didapatkan fungsi  $\ln$  *Likelihood* seperti pada persamaan 2.21 berikut.

$$\begin{aligned} \ln(\theta) &= \ln L(\lambda_0, \beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0) \\ &= \sum_{i=1}^n \ln \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \ln (e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0) + \sum_{i=1}^n \ln (e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0) - \sum_{i=1}^n \lambda_0 + \sum_{i=1}^n (e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0) + \\ &\quad \sum_{i=1}^n (e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0) - \sum_{i=1}^n y_{1i} \alpha_1 - \sum_{i=1}^n y_{2i} \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \ln A_i \end{aligned} \quad (2.21)$$

dengan :

$$A_i = \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} A_{1i} A_{2i}$$

$$A_{1i} = \frac{\left( (e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0) + (y_{1i} - k) \right)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} (\exp k (\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0))$$

$$A_{2i} = \frac{\left( (e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0) + (y_{2i} - k) \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!}$$

Untuk mendapatkan taksiran parameter model BGPR, maka fungsi  $\ln L(\theta)$  diturunkan terhadap masing-masing parameternya dan disamakan dengan nol. Turunan pertama fungsi  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\lambda_0$  disajikan dalam persamaan 2.22.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \lambda_0} &= n \lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0} - n - n - n + \sum_{i=1}^n \ln A_i \\ &= n \lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0} - 3n + \sum_{i=1}^n \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \lambda_0} \end{aligned} \quad (2.22)$$

dimana turunan  $A_i$  terhadap  $\lambda_0$  disajikan dalam persamaan 2.23 berikut.

$$\frac{\partial A_i}{\partial \lambda_0} = \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left( \frac{\partial A_{1i}}{\partial \lambda_0} A_{2i} + \frac{\partial A_{2i}}{\partial \lambda_0} A_{1i} \right) \quad (2.23)$$

dimana:

$$\frac{\partial A_{1i}}{\partial \lambda_0} A_{2i} = \left( \frac{- (y_{1i} - k - 1) (e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_1)^{y_{1i} - k - 2}}{(y_{1i} - k)!} e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)} \right) E$$

dengan:

$$E = \left( \frac{(e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!} \right)$$

kemudian turunan,

$$\frac{\partial A_{2i}}{\partial \lambda_0} A_{1i} = \left( \left( \frac{-(y_{2i} - k - 1)(e^{x_j^T \beta_2} - \lambda_0) + (y_{2i} - k)\alpha_2}{(y_{2i} - k)!} D \right) + F \right) G \quad (2.24)$$

dengan:

$$D = \frac{(\lambda_0 + k\alpha_0)^{k-1}}{k!}$$

$$F = \left( \frac{(e^{x_j^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k)\alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(k-1)(\lambda_0 + k\alpha_0)^{k-2}}{k!} \right)$$

$$G = \left( \frac{(e^{x_j^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k)\alpha_1)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} (e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)}) \right)$$

Dengan demikian diperoleh turunan  $A_i$  terhadap  $\lambda_0$  dengan men-substitusi persamaan 2.24 ke dalam persamaan 2.23 yang disajikan dalam persamaan 2.25.

$$\frac{\partial A_i}{\partial \lambda_0} = \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left( \frac{(e^{x_j^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k)\alpha_1)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} (e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)}) H K \right) \quad (2.25)$$

dimana:

$$H = \frac{(e^{x_j^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k)\alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k\alpha_0)^{k-1}}{k!}$$

$$K = \left( \frac{-(y_{1i} - k - 1)}{(e^{x_j^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k)\alpha_1)} + \frac{-(y_{2i} - k - 1)}{e^{x_j^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k)\alpha_2} + \frac{(k-1)}{\lambda_0 + k\alpha_0} \right)$$

Kemudian persamaan 2.25 di substitusi ke dalam persamaan 2.22 sehingga diperoleh turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\lambda_0$  disajikan dalam persamaan 2.26.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \lambda_0} &= n\lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0} - 3n + \\ &\quad \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} L + M \end{aligned} \quad (2.26)$$

dimana:

$$\begin{aligned} L &= \frac{-(y_{1i} - k - 1)}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k)\alpha_1} \\ M &= \frac{-(y_{2i} - k - 1)}{e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k)\alpha_1} + \frac{(k - 1)}{\lambda_0 + k\alpha_0} \end{aligned}$$

Turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\beta_1$  disajikan dalam persamaan 2.27

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \beta_1} = \sum_{i=1}^n \frac{(e^{x_i^T \beta_1} x_i)}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n (e^{x_i^T \beta_1} x_i) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \beta_1} \quad (2.27)$$

Dimana turunan  $A_i$  terhadap  $\beta_1$  disajikan dalam persamaan 2.28 berikut.

$$\frac{\partial A_i}{\partial \beta_1} = \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left\{ \frac{((y_{1i} - k - 1) \left( (e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0) + (y_{1i} - k)\alpha_1 \right)^{y_{1i} - k - 2} e^{x_i^T \beta_1} x_i)}{(y_{1i} - k)!} N \right\} \quad (2.28)$$

dengan:

$$N = e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)} \left\{ \frac{\left( (e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0) + (y_{2i} - k)\alpha_2 \right)^{y_{2i} - k - 1} (\lambda_0 + k\alpha_0)^{k-1}}{(y_{2i} - k)! k!} \right\}$$

Kemudian dengan mensubstitusi persamaan 2.28 ke dalam persamaan 2.27 diperoleh turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\beta_1$  sebagai berikut.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \beta_1} = \sum_{i=1}^n \frac{(e^{x_i^T \beta_1} x_i)}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n (e^{x_i^T \beta_2} x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} P \quad (2.29)$$

dimana:

$$P = \frac{(y_{1i} - k - 1) \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} x_i \right)}{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 \right) + (y_{1i} - k) \alpha_1}$$

Turunan pertama dari  $\ln L(\boldsymbol{\theta})$  terhadap  $\boldsymbol{\beta}_2$  disajikan dalam persamaan 2.30.

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta}_2} = \sum_{i=1}^n \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} x_i \right)}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} x_i \right) + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \boldsymbol{\beta}_2} \right) \quad (2.30)$$

Dimana turunan  $A_i$  terhadap  $\boldsymbol{\beta}_2$  disajikan dalam persamaan 2.31 berikut.

$$\frac{\partial A_i}{\partial \boldsymbol{\beta}_2} = \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left\{ \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_1 \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} QRS \right\} \quad (2.31)$$

dengan:

$$Q = \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2 \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!}$$

$$R = \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!} e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)}$$

$$S = \frac{(y_{2i} - k - 1) e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} x_i}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2}$$

Kemudian dengan mensubstitusi persamaan 2.31 ke dalam persamaan 2.32 diperoleh turunan pertama dari  $\ln L(\boldsymbol{\theta})$  terhadap  $\boldsymbol{\beta}_2$  sebagai berikut.

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta}_2} = \sum_{i=1}^n \frac{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} x_i}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} x_i \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} T \quad (2.32)$$

dimana:



$$T = \left( \frac{(y_{2i} - k - 1)(e^{x_i^T \beta_2} x_i)}{e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2} \right)$$

Turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\alpha_1$  disajikan dalam persamaan 2.33.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \alpha_1} = - \sum_{i=1}^n y_{1i} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_1} \right) \quad (2.33)$$

Dimana turunan  $A_i$  terhadap  $\alpha_1$  disajikan dalam persamaan 2.34.

$$\frac{\partial A_i}{\partial \alpha_1} = \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left\{ \frac{\left( (e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0) + (y_{1i} - k) \alpha_1 \right)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} U V W \right\} \quad (2.34)$$

dengan:

$$U = \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!} e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)}$$

$$V = \frac{(e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!}$$

$$W = \frac{(y_{1i} - k - 1)(y_{1i} - k)}{e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_1} + k$$

Kemudian dengan mensubstitusi persamaan 2.34 ke dalam persamaan 2.33 diperoleh turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\alpha_1$  sebagai berikut.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \alpha_1} = - \sum_{i=1}^n y_{1i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left\{ \frac{(y_{1i} - k - 1)(y_{1i} - k)}{(e^{x_i^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_1)} + k \right\} \quad (2.35)$$

Turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\alpha_2$  disajikan dalam persamaan 2.36.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \alpha_2} = - \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_2} \right) \quad (2.36)$$

Dimana turunan  $A_i$  terhadap  $\alpha_1$  disajikan dalam persamaan 2.37.

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_2} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left( k + \frac{(y_{2i} - k - 1)(y_{2i} - k)}{(e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0) + (y_{2i} - k) \alpha_2} \right) \quad (2.37)$$

Kemudian dengan mensubstitusi persamaan 2.37 ke dalam persamaan 2.36 diperoleh turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\alpha_2$  sebagai berikut.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \alpha_2} = - \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left( k + \frac{(y_{2i} - k - 1)(y_{2i} - k)}{e^{x_i^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2} \right) \quad (2.38)$$

Turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\alpha_0$  disajikan dalam persamaan 2.39.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \alpha_0} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_0} \right) \quad (2.39)$$

Dimana turunan  $A_i$  terhadap  $\alpha_1$  disajikan dalam persamaan 2.40.

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{A_i} \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_0} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left( \frac{(k-1)k}{\lambda_0 + k \alpha_0} - k \right) \quad (2.40)$$

Kemudian dengan mensubstitusi persamaan 2.40 ke dalam persamaan 2.39 diperoleh turunan pertama dari  $\ln L(\theta)$  terhadap  $\alpha_2$  sebagai berikut.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \alpha_2} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left( \frac{(k-1)k}{(\lambda_0 + k \alpha_0)} - k \right) \quad (2.41)$$

Oleh karena hasil turunan masing-masing parameternya tidak dapat diselesaikan secara analitik maka diselesaikan dengan iterasi *Nelder Mead*. Iterasi *Nelder Mead* digunakan untuk menentukan nilai minimum dari suatu fungsi multivariat tanpa harus menentukan nilai differensialnya terlebih dahulu. Untuk suatu fungsi  $h(\beta)$  dengan  $n$  variabel, iterasi *Nelder Mead* memerlukan

$n+1$  nilai awal. Langkah menentukan nilai  $\beta$  yang meminimumkan  $h(\beta)$  adalah sebagai berikut.

1. Menentukan  $\beta_{j0}, \beta_{j1}, \dots, \beta_{jk}$  nilai awal dan menghitung fungsi  $h(\beta)$  terhadap masing-masing nilai awal. Kemudian mengurutkan nilai fungsi  $h(\beta)$ .
2. Menghitung titik refleksi  $\beta_r = \bar{\beta}_j + \phi(\bar{\beta}_j - \bar{\beta}_{jk})$  dengan  $\bar{\beta}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \beta_i$ ,  
dimana  $j=1,2,\dots,p$  dan kemudian menghitung nilai fungsi  $h_r = h(\beta_r)$ .
3. Jika  $h_1 \leq h_r \leq h_k$  maka iterasi berhenti.
4. Jika  $h_r < h_1$  maka hitung nilai ekspansi  $\beta_e = \bar{\beta}_j + \varepsilon(\beta_r - \bar{\beta}_j)$  dan kemudian menghitung  $h_e = h(\beta_e)$ . Jika nilai  $h_e < h_r$  dan  $h_e \geq h_r$  maka iterasi berhenti.
5. Jika  $h_r < h_n$  maka hitung nilai ekspansi antara  $\bar{\beta}_j$  dan  $\beta_{jk}$  atau  $\beta_r$ 
  - a. Jika menunjukkan kontraksi sisi luar (*outside contraction*) maka hitung  $\beta_c = \bar{\beta}_j + \gamma(\beta_r - \bar{\beta}_j)$  dan  $h_c = h(\beta_c)$ . Jika  $h_c < h_r$  maka iterasi berhenti, sedangkan  $h_c > h_r$  jika maka lanjut ke tahap 6.
  - b. Jika menunjukkan kontraksi sisi dalam (*inside contraction*) maka hitung  $\beta_{cc} = \bar{\beta} - \gamma(\bar{\beta} - \beta_k)$  dan  $h_{cc} = h(\beta_{cc})$ . Jika  $h_{cc} < h_k$  maka iterasi berhenti, sedangkan jika  $h_{cc} \geq h_k$  maka lanjut ke tahap 6.
6. Tahap shrinked dimana tahap ini mengevaluasi  $h$  untuk  $n$  titik menggunakan persamaan  $v_i = \beta_1 + \sigma(\beta_i - \beta_1)$  dengan  $i=1,2,\dots,k$ . Kemudian kembali ke langkah satu dengan mengganti  $\beta_i = v_i$  dengan  $i=1,2,\dots,k$ .

Dengan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan

$$\text{Nelder Mead adalah } \phi = 1, \varepsilon = 2, \gamma = \frac{1}{2} \text{ dan } \sigma = \frac{1}{2}.$$

### 2.9.2 Pengujian Parameter Model *Bivariate Generalized Poisson Regression*

Pengujian parameter model *Bivariate Generalized Poisson Regression* dilakukan dengan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) dengan hipotesis

$$H_0 : \beta_{j1} = \beta_{j2} = \dots = \beta_{jk} = 0; j = 1, 2 \text{ dan } \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $\beta_{jl} \neq 0$  ; dengan  $j=1,2$  dan  $l=1,2,\dots,k$

dan ada salah satu  $\alpha_j \neq 0$ ;  $j = 1, 2$

Fungsi *ln Likelihood* dari parameter di bawah populasi

$\Omega = \{ \mu_0, \beta_{1.0}^T, \beta_{2.0}^T, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0 \}$  disajikan dalam persamaan 2.42.

$$\begin{aligned} \ln L(\Omega) = & n \ln \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\mathbf{x}_i^T \beta_1} - \lambda_0 \right) + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\mathbf{x}_i^T \beta_2} - \lambda_0 \right) \\ & - n \mu_0 + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \beta_1} - \lambda_0 \right) + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \beta_2} - \lambda_0 \right) \\ & - \alpha_1 \sum_{i=1}^n y_{1i} - \alpha_2 \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \ln A_i \end{aligned} \quad (2.42)$$

dimana :

$$\begin{aligned} A_i &= \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} A_{1i} A_{2i} \\ A_{1i} &= \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \beta_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_1 \right)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} \left( e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)} \right) \\ A_{2i} &= \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \beta_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_2 \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!} \end{aligned}$$

Fungsi *ln Likelihood* di bawah  $H_0$  dengan tidak melibatkan variabel prediktor  $H_0(\omega) = \{ \mu_0, \beta_{1.0}, \beta_{2.0}, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0 \}$  disajikan dalam persamaan 2.43 :

$$\begin{aligned}
\ln L(\omega) = & \sum_{i=1}^n \ln \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\hat{\beta}_{w1.0}} - \lambda_0 \right) + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\hat{\beta}_{w2.0}} - \lambda_0 \right) - \\
& \sum_{i=1}^n \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \left( e^{\hat{\beta}_{w1.0}} - \lambda_0 \right) + \sum_{i=1}^n \left( e^{\hat{\beta}_{w2.0}} - \lambda_0 \right) \\
& - \sum_{i=1}^n y_{1i} \alpha_1 - \sum_{i=1}^n y_{2i} \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \ln A_{i.0}
\end{aligned} \tag{2.43}$$

dimana:

$$\begin{aligned}
A_{i.0} &= \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} A_{1i.0} A_{2i.0} \\
A_{1i.0} &= \frac{\left( \left( e^{\beta_{w1.0}} - \lambda_0 \right) + (y_{1i} - k) \alpha_1 \right)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} \left( e^{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)} \right) \\
A_{2i.0} &= \frac{\left( \left( e^{\beta_{w2.0}} - \lambda_0 \right) + (y_{2i} - k) \alpha_2 \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!}
\end{aligned}$$

Kemudian fungsi  $\ln Likelihood$  di bawah  $H_0$  diturunkan terhadap masing-masing parameter  $H_0$ , sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Turunan pertama fungsi  $\ln L(\omega)$  terhadap  $\mu_0$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\omega)}{\partial \lambda_0} = & n \lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\hat{\beta}_{w1.0}} - \lambda_0} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\hat{\beta}_{w2.0}} - \lambda_0} - 3n \\
& + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} O + Z
\end{aligned} \tag{2.44}$$

dimana:

$$\begin{aligned}
O &= \frac{-(y_{1i} - k - 1)}{\left( \left( e^{\hat{\beta}_{w1.0}} - \lambda_0 \right) + (y_{1i} - k) \alpha_1 \right)} \\
Z &= \frac{-(y_{2i} - k - 1)}{\left( \left( e^{\hat{\beta}_{w2.0}} - \lambda_0 \right) + (y_{2i} - k) \alpha_2 \right)} + \frac{k - 1}{\lambda_0 + k \alpha_0}
\end{aligned}$$

Turunan pertama  $\ln L(\omega)$  terhadap  $\hat{\beta}_{w,1,0}$

$$\frac{\partial \ln L(\omega)}{\partial \hat{\beta}_{w,1,0}} = \sum_{i=1}^n \frac{e^{\hat{\beta}_{w,1,0}}}{e^{\hat{\beta}_{w,1,0}} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n e^{\hat{\beta}_{w,1,0}} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} I \quad (2.45)$$

dimana:

$$I = \frac{(y_{1i} - k - 1) e^{\hat{\beta}_{w,1,0}}}{(e^{\hat{\beta}_{w,1,0}} - \lambda_0) + (y_{1i} - k) \alpha_1}$$

Turunan pertama  $\ln L(\omega)$  terhadap  $\hat{\beta}_{w,2,0}$

$$\frac{\partial \ln L(\omega)}{\partial \hat{\beta}_{w,2,0}} = \sum_{i=1}^n \frac{e^{\hat{\beta}_{w,2,0}}}{e^{\hat{\beta}_{w,2,0}} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n e^{\hat{\beta}_{w,2,0}} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} J \quad (2.46)$$

dimana:

$$J = \frac{(y_{2i} - k - 1) e^{\hat{\beta}_{w,2,0}}}{((e^{\hat{\beta}_{w,2,0}} - \lambda_0) + (y_{2i} - k) \alpha_2)}$$

Turunan pertama  $L(\omega)$  terhadap  $\alpha_1$

$$\frac{\partial \ln L(\omega)}{\partial \alpha_1} = - \sum_{i=1}^n y_{1i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left[ \frac{(y_{1i} - k - 1)(y_{1i} - k)}{((e^{\hat{\beta}_{w,1,0}} - \lambda_0) + (y_{1i} - k) \alpha_1)} + k \right] \quad (2.47)$$

Turunan pertama  $L(\omega)$  terhadap  $\alpha_2$

$$\frac{\partial \ln L(\omega)}{\partial \alpha_2} = - \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left[ k + \frac{(y_{2i} - k - 1)(y_{2i} - k)}{((e^{\hat{\beta}_{w,2,0}} - \lambda_0) + (y_{2i} - k) \alpha_2)} \right] \quad (2.48)$$

Turunan pertama  $L(\omega)$  terhadap  $\alpha_0$

$$\frac{\partial \ln L(\omega)}{\partial \alpha_0} = - \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \left[ -k + \frac{k - 1}{(\lambda_0 + k \alpha_0)} \right] \quad (2.49)$$

Oleh karena hasil turunan masing-masing parameternya tidak dapat diselesaikan secara analitik maka diselesaikan dengan iterasi *Nelder Mead* dengan langkah seperti yang dijelaskan pada

subbab 2.9.1. Setelah taksiran parameter  $\mu_0, \beta_{w,1,0}, \beta_{w,2,0}, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0$  diperoleh dengan menggunakan optimasi *Nelder Mead*, maka selanjutnya dapat dilakukan pengujian hipotesis menggunakan statistik uji sebagai berikut.

$$D(\hat{\beta}) \sim -2 \ln \left( \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 \left( \ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}) \right) \quad (2.50)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \ln L(\hat{\Omega}) &= n \ln \hat{\lambda}_0 + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\mathbf{x}_i^T \hat{\beta}_1} - \hat{\lambda}_0 \right) + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\mathbf{x}_i^T \hat{\beta}_2} - \hat{\lambda}_0 \right) \\ &\quad - n \hat{\lambda}_0 + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \hat{\beta}_1} - \hat{\lambda}_0 \right) + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \hat{\beta}_2} - \hat{\lambda}_0 \right) - \alpha_1 \sum_{i=1}^n y_{1i} \\ &\quad - \alpha_2 \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{1i} - k - 1)((e^{\mathbf{x}_i^T \hat{\beta}_1} - \hat{\lambda}_0) + (y_{1i} - k)\alpha_1)}{(y_{1i} - k)!} \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{2i} - k - 1)((e^{\mathbf{x}_i^T \hat{\beta}_2} - \hat{\lambda}_0) + (y_{2i} - k)\alpha_2)}{(y_{2i} - k)!} \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(k-1)(\hat{\lambda}_0 + k\alpha_0)}{k!} \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \exp(k(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_0)) \\ \ln L(\hat{\omega}) &= n \ln \hat{\lambda}_0 + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\hat{\beta}_{1,0}^T} - \hat{\lambda}_0 \right) + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\hat{\beta}_{2,0}^T} - \hat{\lambda}_0 \right) \\ &\quad - n \hat{\lambda}_0 + \sum_{i=1}^n \left( e^{\hat{\beta}_{1,0}^T} - \hat{\lambda}_0 \right) + \sum_{i=1}^n \left( e^{\hat{\beta}_{2,0}^T} - \hat{\lambda}_0 \right) - \alpha_1 \sum_{i=1}^n y_{1i} \\ &\quad - \alpha_2 \sum_{i=1}^n y_{2i} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{1i} - k - 1)((e^{\hat{\beta}_{1,0}^T} - \hat{\lambda}_0) + (y_{1i} - k)\alpha_1)}{(y_{1i} - k)!} \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{2i} - k - 1)((e^{\hat{\beta}_{2,0}^T} - \hat{\lambda}_0) + (y_{2i} - k)\alpha_2)}{(y_{2i} - k)!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(k-1)(\hat{\lambda}_0 + k\alpha_0)}{k!} \\
& + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \exp(k(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_0))
\end{aligned}$$

$D(\hat{\beta})$  merupakan pendekatan dari distribusi *Chi-Square* dengan derajat bebas  $v$  (jumlah parameter di bawah populasi dikurangi dengan jumlah parameter dibawah  $H_0$ ) dengan daerah penolakan  $H_0$  jika nilai  $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha, v)}$  (Agresti, 2002).

Apabila keputusan pengujian secara serentak adalah tolak hipotesis nol maka dilanjutkan dengan melakukan pengujian parameter secara parsial untuk masing-masing parameter, baik parameter  $\beta$  maupun parameter dispersi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model. Hipotesis uji yang digunakan untuk parameter  $\beta$  dan parameter dispersi adalah sebagai berikut.

Uji Parsial untuk Parameter  $\beta_{jl}$

$$H_0 : \beta_{jl} = 0$$

$$H_1 : \beta_{jl} \neq 0 \text{ dengan } j = 1, 2 \text{ dan } l = 1, 2, \dots, k$$

Statistik uji

$$Z_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_{jl}}{SE(\hat{\beta}_{jl})} \quad (2.51)$$

Nilai  $SE(\hat{\beta}_{jl}) = \sqrt{\widehat{\text{var}}(\hat{\beta}_{jl})}$  dimana nilai  $\widehat{\text{var}}(\hat{\beta}_{jl})$  diperoleh dari elemen diagonal utama dari matriks varian kovarian. Tolak  $H_0$  jika  $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$  dengan  $\alpha$  adalah taraf signifikansi

Uji Parsial untuk Parameter  $\alpha_j$

$$H_0 : \alpha_j = 0$$

$$H_1 : \alpha_j \neq 0 \text{ dengan } j = 1, 2$$

Statistik uji



$$Z_{hitung} = \frac{\hat{\alpha}_j}{SE(\hat{\alpha}_j)} \quad (2.52)$$

Nilai  $SE(\hat{\alpha}_j) = \sqrt{\widehat{\text{var}}(\hat{\alpha}_j)}$  dimana nilai  $\widehat{\text{var}}(\hat{\alpha}_j)$  diperoleh dari elemen diagonal utama dari matriks varian kovarian. Tolak  $H_0$  jika  $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$  dengan  $\alpha$  adalah taraf signifikansi.

## 2.10 Pemilihan Model Terbaik

Beberapa metode dalam menentukan model terbaik, salah satunya adalah *Akaike Information Criterion (AIC)*. *AIC* merupakan kriteria kesesuaian model dalam mengestimasi model secara statistik. Kriteria *AIC* biasanya digunakan apabila pembentukan model regresi bertujuan untuk mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap model bukan untuk melakukan suatu prediksi.

Besarnya nilai *AIC* sejalan dengan nilai devians dari model. Semakin kecil nilai devians maka akan semakin kecil pula tingkat kesalahan yang dihasilkan model sehingga model yang diperoleh menjadi semakin tepat. Oleh karena itu, model terbaik adalah model yang mempunyai nilai *AIC* terkecil. Menurut Johnson dan Winchern (2007) rumus *AIC* didefinisikan sebagai berikut.

$$AIC = n \ln(|\hat{\Sigma}_d|) - 2jk \quad (2.53)$$

dimana:

$n$  : Banyak pengamatan

$$\hat{\Sigma}_d : \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{\epsilon}_i^T \mathbf{\epsilon}_i$$

$j$  : Banyaknya variabel respon

$k$  : Banyaknya variabel prediktor

## 2.11 Kematian Ibu dan Kematian Bayi

Kematian ibu (*maternal death*) menurut definisi WHO adalah kematian selama kehamilan atau dalam periode 42 hari setelah berakhirnya kehamilan, yang disebabkan oleh kehamilan

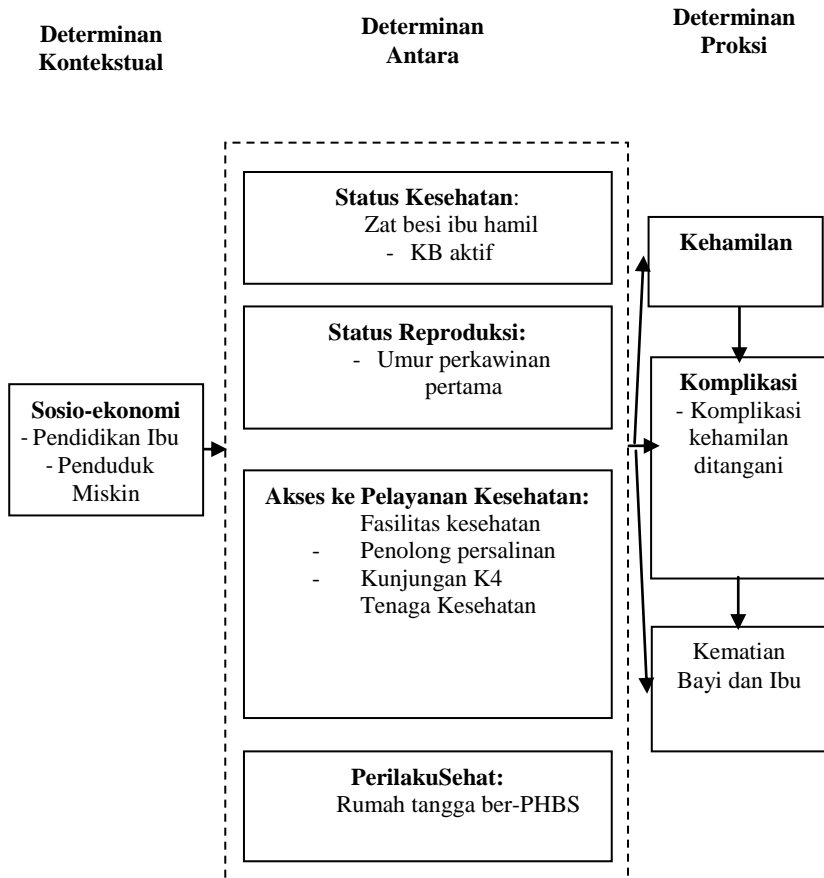
atau penanganannya, tetapi bukan disebabkan oleh kecelakaan atau cedera. Penyebab utama kematian ibu secara global yaitu pendarahan, hipertensi dalam kehamilan, infeksi, partus lama/macet dan abortus. Di Indonesia sendiri kematian ibu didominasi akibat pendarahan, hipertensi dalam kehamilan dan infeksi. Penyakit yang merupakan penyebab tidak langsung kematian ibu meliputi Tuberkulosis, Anemia, Malaria, Penyakit Jantung dan lain-lain (Kemenkes RI, 2015).

Kematian bayi adalah kematian yang terjadi saat setelah bayi lahir sampai bayi belum berusia tepat satu tahun. Kematian bayi sangat dipengaruhi oleh kondisi kesehatan perumahan dan keadaan sosial ekonomi orang tua. Anak yang berada dalam rumah tangga miskin umumnya memiliki angka kematian bayi dua kali lipat lebih tinggi dari kematian bayi di kelompok keluarga sejahtera. Menurut Mosley & Chen (1984), faktor sosial ekonomi dan budaya merupakan faktor penentu morbiditas dan kematian bayi. Namun, pengaruh ini bersifat tidak langsung karena harus melalui mekanisme biologi tertentu (variabel antara) yang kemudian mengakibatkan bayi sakit dan apabila tidak disembuhkan maka bayi akan cacat atau meninggal.

Menurut Nurriszka dan Wiko (2013) indikator yang berpengaruh langsung terhadap AKI adalah kunjungan pemeriksaan ibu hamil bulan pertama dan keempat (K1 dan K4), persalinan ditolong tenaga kesehatan, dan kunjungan nifas tiga kali (KF-3). Jika semua indikator tersebut meningkat maka akan mampu memperbaiki AKI. Selain itu, faktor yang berpengaruh terhadap AKI seperti fertilitas, persalinan diusia muda, dan pertumbuhan penduduk.

Kerangka konsep kematian bayi oleh Mosley dan Chen dan kematian ibu oleh McCarthy dan Maine. Dalam penelitian

ini dilakukan beberapa modifikasi terhadap model McCarthy dan Maine (1992) berikut ini.



Gambar 2.1 Modifikasi Model Konseptual McCarthy dan Maine (1992) pada Hubungan Jumlah Kematian Bayi dan Ibu dengan Faktor-Faktor yang Memengaruhi di Sumatera Barat Tahun 2015

Faktor-faktor yang diduga memengaruhi jumlah kematian bayi dan kematian ibu di Sumatera Barat sebagai berikut:

### 1. Determinan Proksi yaitu komplikasi kehamilan resiko tinggi

Komplikasi kehamilan dan persalinan, merupakan penyebab langsung kematian ibu, yaitu pendarahan, infeksi, eklamsia, partus macet, dan rupturauterus. Intervensi yang dilakukan untuk mengatasi komplikasi obstetri ini merupakan intervensi jangka pendek yang hasilnya dapat segera terlihat dalam bentuk penurunan AKI (Dinkes, 2014).

### 2. Determinan Antara

#### a. KB aktif

KB merupakan salah satu strategi untuk mengurangi kematian ibu khususnya ibu dengan kondisi 4T; terlalu muda melahirkan (di bawah usia 20 tahun), terlalu sering melahirkan, terlalu dekat jarak melahirkan, dan terlalu tua melahirkan (di atas usia 35 tahun). Selain itu, program KB juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas keluarga agar dapat timbul rasa aman, tenang, dan harapan masa depan yang lebih baik dalam mewujudkan kesejahteraan lahir dan kebahagiaan batin.

KB juga merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan ketahanan keluarga, kesehatan, dan keselamatan ibu, anak, serta perempuan. Pelayanan KB menyediakan informasi, pendidikan, dan cara-cara bagi laki-laki dan perempuan untuk dapat merencanakan kapan akan mempunyai anak, berapa jumlah anak, berapa tahun jarak usia antara anak, serta kapan akan berhenti mempunyai anak.

#### b. Persalinan yang ditolong oleh tenaga kesehatan

McCarthy dan Maine (1992) salah satu determinan kontekstual adalah perilaku sehat yaitu penolong persalinan. Persalinan yang ditolong tenaga kesehatan terbukti berkontribusi terhadap turunnya risiko kematian ibu (Dinkes, 2014).

#### c. Kunjungan Ibu Hamil K4

Ibu hamil yang mendapatkan pelayanan antenatal sesuai standar paling sedikit empat kali, dengan distribusi pemberian pelayanan yang dianjurkan adalah minimal satu kali pada

triwulan pertama, satu kali pada triwulan kedua dan dua kali pada triwulan ketiga umur kehamilan. Pelayanan mencakup minimal: (1) Timbang badan dan ukur tinggi badan, (2) Ukur tekanan darah, (3) Nilai status gizi (ukur lingkar lengan atas), (4) (ukur) tinggi fundusuteri, (5) Tentukan presentasi janin & denyut jantung janin(DJJ), (6) Skrining status imunisasi tetanus dan pemberian Tetanus Toksoid,(7) Pemberian tablet besi (90 tablet selama kehamilan), (8) Test laboratorium sederhana (Hb, Protein Urine) dan atau berdasarkan indikasi (HbsAg, Sifilis, HIV, Malaria, TBC), (9) Tata laksana kasus, (10) Temu wicara (pemberian komunikasi interpersonal dan konseling) (Dinkes, 2014).

### 3. Determinan Kontekstual yaitu pendidikan ibu dan penduduk miskin

Tingkat pendidikan ibu dapat memengaruhi kelangsungan hidup anak karena memengaruhi pilihan dan kemampuan dalam pemeliharaan kesehatan terkait dengan kontrasepsi, kebersihan pencegahan penyakit, gizi, dan perawatan anak saat sakit (Mosley & Chen, 1984). Karakteristik rumah tangga yang meliputi pendapatan, faktor pendidikan dan sumber air bersih rumah tangga. Efek pendapatan/kekayaan akan berpengaruh pada pemilihan makanan, air, pakaian, rumah, pelayanan preventif, pengobatan penyakit dan informasi. Angka kematian dimasa kanak-kanak tergolong rendah pada masyarakat dengan tingkat kekayaan yang tinggi. Namun sebaliknya, angka kematian tinggi pada masyarakat dengan tingkat kekayaan yang rendah.

Tingkat pendapatan rumah tangga berkaitan dengan kesejahteraan dan kemiskinan. Tingkat pendapatan yang rendah menunjukkan pula tingkat pengeluaran yang rendah pula dan erat kaitannya dengan kemiskinan. Anak yang berada dalam rumah tangga miskin umumnya memiliki angka kematian balita lebih dari dua kali lipat dari kematian balita di kelompok paling sejahtera (Unicef, 2012).

Kematian ibu dan kematian bayi masih dapat dihindari ketika penyelenggara kesehatan dapat memberikan pelayanan

pada saat pertolongan pertama. Selain itu, upaya yang dapat dilakukan dalam menurunkan AKI adalah *Safe Motherhood* dan *Making Pregnancy Safer* (MPS). Tujuan dari kedua program tersebut adalah melindungi hak reproduksi dan hak asasi manusia dengan cara mengurangi beban kesakitan, kecacatan, dan kematian yang berhubungan dengan kehamilan dan persalinan yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Oleh karena itu kebijaksanaan yang dikeluarkan oleh departemen kesehatan adalah mendekatkan pelayanan obstetri dan neonatal (kebidanan dan bayi baru lahir) kepada setiap ibu hamil sesuai dengan MPS. Beberapa program yang ditargetkan dalam MPS adalah semua persalinan harus ditolong oleh tenaga kesehatan terlatih, semua komplikasi obstetri mendapat pelayanan rujukan yang memadai, dan semua perempuan dalam usia reproduksi mendapat akses.

Selain itu, beberapa faktor yang diduga berpengaruh terhadap kematian ibu dan kematian bayi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pritasari (2014) antara lain adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase tenaga kesehatan, persentase ibu hamil beresiko tinggi ditangani, persentase ibu hamil melaksanakan program K4, persentase ibu hamil mendapat tablet Fe3 dan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS). Namun, dari beberapa variabel tersebut yang paling berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu adalah persentase tenaga kesehatan, sedangkan faktor yang paling berpengaruh terhadap kematian ibu antara lain adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan dan persentase tenaga kesehatan.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode dan tahapan-tahapan dalam melakukan analisis untuk menjawab perumusan masalah dari jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi. Tahapan tersebut meliputi sumber data, variabel penelitian, dan langkah analisis penelitian.

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data variabel respon (jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi tiap kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014) diperoleh dari profil kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat. Variabel prediktor diperoleh dari profil kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat dan Sumatera Barat Dalam Angka Badan Pusat Statistik. Jumlah unit penelitian sebanyak 19 kabupaten/kota yang ada di Provinsi Sumatera Barat sebagaimana disajikan pada Gambar 3.1 berikut.



### Gambar 3.1 Provinsi Sumatera Barat

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri dari variabel respon (Y) yaitu jumlah kematian ibu dan jumlah kemati-

an bayi serta enam variabel prediktor (X). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.1 sebagai berikut.

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan
$Y_1$	Jumlah Kematian Bayi	Rasio
$Y_2$	Jumlah Kematian Ibu	Rasio
$X_1$	Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani	Rasio
$X_2$	Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Pelayanan <i>Antenatal Care</i> (K4)	Rasio
$X_3$	Persentase Penduduk Miskin	Rasio
$X_4$	Persentase Pengguna KB	Rasio
$X_5$	Persentase Persalinan Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan	Rasio
$X_6$	Persentase Perempuan Berumur 15-64 tahun yang Buta Huruf	Rasio

Definisi operasional variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah berikut.

1. Jumlah Kematian Bayi ( $Y_1$ ).  
Jumlah kematian bayi di setiap kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014.
2. Jumlah Kematian Ibu ( $Y_2$ ).  
Jumlah kematian ibu di setiap kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014.
3. Persentase Komplikasi Kebidanan yang ditangani ( $X_1$ )  
Jumlah ibu bersalin yang mendapat pertolongan persalinan oleh tenaga kesehatan yang memiliki komplikasi kebidanan di satu wilayah kerja kurun waktu tertentu dibagi jumlah ibu hamil pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%.
4. Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Pelayanan *Antenatal Care*(K4) ( $X_2$ )  
Jumlah ibu hamil yang memeriksakan kesehatannya ke tenaga kesehatan minimal empat kali dalam satu periode kehamilan di satu wilayah kerja kurun waktu tertentu dibagi



jumlah ibu hamil pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%.

5. Persentase Penduduk Miskin ( $X_3$ )

Jumlah penduduk yang berada di bawah garis kemiskinan di satu wilayah kerja kurun waktu tertentu dibagi jumlah penduduk pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%. Penduduk miskin merupakan penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran perkapita perbulan di bawah garis kemiskinan. Garis kemiskinan merupakan penjumlahan garis kemiskinan makanan (GKM) dan garis kemiskinan non-makanan (GKNM). GKM merupakan nilai pengeluaran kebutuhan minimum makanan yang disetarakan dengan 2100 kilokalori perkapita perhari, sedangkan GKNM merupakan kebutuhan minimum untuk perumahan, sandang, pendidikan, dan kesehatan.

6. Persentase Pengguna KB ( $X_4$ )

Jumlah pengguna KB aktif di satu wilayah kerja kurun waktu tertentu dibagi jumlah pengguna KB pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%.

7. Persentase Persalinan Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan ( $X_5$ )

Jumlah ibu bersalin yang ditolong oleh tenaga kesehatan yang memiliki kompetensi kebidanan di satu wilayah kerja kurun waktu tertentu dibagi jumlah ibu bersalin pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%.

8. Persentase Perempuan Berumur 15-64 tahun yang Buta Huruf ( $X_6$ )

Jumlah ibu perempuan yang berumur 15-64 tahun yang buta huruf di satu wilayah kerja kurun waktu tertentu dibagi jumlah perempuan yang berumur 15-64 tahun pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%.

Data yang akan di analisis dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel. Penyajian data tersebut akan dibentuk sesuai dengan struktur data yang terdiri dari variabel yang digunakan dalam penelitian sebagaimana terlampir pada Lampiran 1. Berikut

ringkasan struktur data penelitian ini yang ditunjukkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Struktur Data

Kab/Kota	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
1	58	11	93	80	6,97	78,21	91,63	2,97
2	86	13	65	83	7,02	54,71	95,18	0,54
...	...	...	...	...	...	...	...	...
19	77	3	100	83	5,29	75,57	100	2,19

### 3.3 Langkah Analisis

Langkah analisis data yang dilakukan pada data jumlah kematian ibu dan kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat dapat dituliskan sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di provinsi Sumatera Barat serta faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya dengan menggunakan statistika deskriptif dan peta tematiks.
2. Langkah-langkah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi dengan *Bivariate Generalized Poisson Regression* adalah sebagai berikut.
  1. Memeriksa korelasi antar variabel-variabel prediktor untuk mendeteksi adanya kasus multikolinieritas dengan melihat nilai koefisien korelasi *Pearson* dan VIF menggunakan persamaan 2.3.
  2. Melakukan uji korelasi antar variabel respon menggunakan persamaan 2.6.
  3. Melakukan pengujian distribusi bivariat antar variabel respon menggunakan persamaan 2.10.
  4. Mendeteksi adanya overdispersi atau underdispersi pada data dengan melihat nilai *Pearson Chi-squares* dan *Deviance* yang dibagi dengan derajat bebasnya.
3. Memilih model terbaik dari BGPR dengan melihat nilai AIC terkecil menggunakan persamaan 2.53.
4. Mendapatkan model untuk BGPR pada pemodelan jumlah

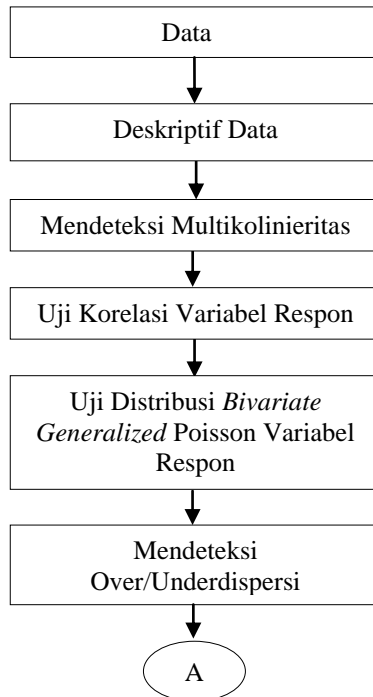
kematian ibu dan bayi yang terjadi di kabupaten/kota di Sumatera Barat dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menaksir parameter model BGPR
- b. Menguji signifikansi parameter model BGPR secara serentak menggunakan persamaan 2.50 dan pengujian parsial menggunakan persamaan 2.51.

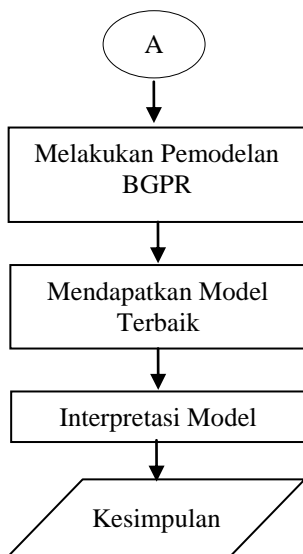
5. Interpretasi model

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah analisis data dapat disajikan dalam bentuk diagram langkah analisis sehingga lebih mudah dipahami seperti pada Gambar 3.2 berikut ini.



**Gambar 3.2** Langkah-Langkah Analisis



**Gambar 3.2** Langkah-Langkah Analisis (Lanjutan)

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab analisis dan pembahasan ini akan di paparkan mengenai hasil pengolahan data Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi di Sumatera Barat Tahun 2014. Hal-hal yang dibahas meliputi deskripsi Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi di Sumatera Barat berdasarkan Kabupaten/Kota serta faktor-faktor yang memengaruhinya, pendeteksian kematian multikolinieritas, melakukan pengujian korelasi, melakukan pengujian distribusi *bivariate generalized Poisson*, dan pendeteksian under/overdispersi. Apabila data mengikuti distribusi *bivariate generalized Poisson* dan tidak terjadi multikolinieritas serta terjadi over/underdispersi maka dilanjutkan dengan metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR).

### 4.1 Deskripsi Jumlah Kematian Ibu dan Kematian Bayi beserta Faktor-Faktor yang Diduga Memengaruhinya

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.1 bahwa penelitian ini menggunakan data jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di 19 kabupaten/kota di Sumatera Barat tahun 2014. Data yang digunakan dideskripsikan berdasarkan nilai rata-rata, varians, maksimum dan minimum yang diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2. Hasil deskriptif data ditampilkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Rata-Rata	Varians	Minimum	Maksimum
$Y_1$	35,840	1013,030	1,00	108,00
$Y_2$	6,210	19,510	1,00	16,00
$X_1$	59,950	748,050	16,00	100,00
$X_2$	81,420	134,480	45,00	94,00
$X_3$	6,930	6,727	2,25	14,96
$X_4$	65,880	186,480	34,93	86,15
$X_5$	83,050	682,070	13,83	100,00
$X_6$	1,635	4,020	0,00	6,56

Pada Tabel 4.1 terlihat rata-rata variabel jumlah kematian bayi ( $Y_1$ ) di Sumatera Barat sebesar  $35,84 \approx 36$  kasus, dengan varians sebesar 1013,03 yang artinya keragaman jumlah kematian bayi di kabupaten/kota yang ada di Sumatera Barat sangat beragam. Jumlah kasus tertinggi di Sumatera Barat tahun 2014 yakni sebanyak 108 kasus yang terdapat di Kota Padang, sedangkan kasus paling sedikit terdapat di Kota Bukittinggi yakni terdapat satu kasus.

Jumlah kematian ibu ( $Y_2$ ) di Sumatera Barat sebesar  $6,21 \approx 7$  kasus dengan varians 19,51 yang artinya keragaman jumlah kematian ibu di kabupaten/kota yang ada di Sumatera Barat cukup beragam. Kasus tertinggi terdapat di Kota Padang yakni sebanyak 16 kasus, sedangkan kasus terendah terdapat di beberapa Kabupaten/kota yakni Kota Solok, Bukittinggi, dan Kota Padang Panjang yakni terdapat satu kasus.

Rata-rata ibu hamil yang mengalami komplikasi kebidanan ( $X_1$ ) di Sumatera Barat sebesar 59,95% dengan varians sebesar 748,05%. Hal ini berarti bahwa ibu hamil yang mengalami komplikasi kebidanan hanya 59,95% dari keseluruhan ibu hamil yang ada di Sumatera Barat dan keragaman ibu hamil yang mengalami komplikasi kebidanan cukup besar. Dengan persentase tertinggi komplikasi kebidanan yang ditangani terdapat di Kabupaten Tanah datar yakni sebesar 100%, sedangkan persentase terendah komplikasi kebidanan yang ditangani terdapat di Kabupaten Kepulauan Mentawai yakni sebesar 16%.

Rata-rata ibu hamil yang mendapatkan pelayanan antenatal care (K4) ( $X_2$ ) di Sumatera Barat sebesar 81,42% dengan varians sebesar 134,48%. Hal ini berarti bahwa hampir keseluruhan yakni sebesar 81,42% ibu hamil di Sumatera Barat mendapatkan pelayanan antenatal care (K4). Namun, pelayanan K4 masih belum merata di tiap kabupaten/kota yang terdapat di Sumatera Barat. Hal ini ditunjukkan dengan lebih dari 50% ibu hamil yang terdapat di Kabupaten Kepulauan Mentawai belum mendapatkan pelayanan K4. Hanya sebesar 45% ibu hamil yang ada di Kepulauan Mentawai mendapat pelayanan K4. Sementara,

persentase tertinggi ibu hamil mendapatkan pelayanan K4 terdapat di Kota Bukittinggi yakni sebesar 94%. Hal ini menunjukkan secara keseluruhan ibu hamil yang berada di Kota Bukittinggi sudah mendapatkan pelayanan K4.

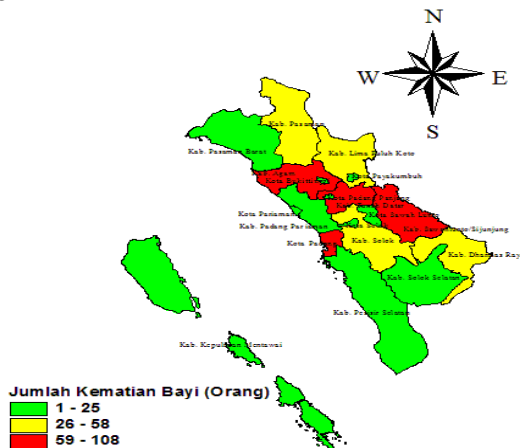
Selain itu, rata-rata penduduk miskin ( $X_3$ ) sebesar 6,93% dengan varians sebesar 6,727%. Persentase penduduk miskin tertinggi terdapat di Kabupaten Kepulauan Mentawai yakni sebesar 14,96%, sedangkan persentase terendah penduduk miskin terdapat di Kabupaten Sawahlunto yakni sebesar 2,25%. Rata-rata pengguna KB ( $X_4$ ) sebesar 65,88% dengan varians sebesar 186,48%. Hal ini berarti bahwa lebih dari 50% perempuan yang sudah menikah di kabupaten/kota yang ada di Sumatera Barat menggunakan alat KB. Persentase terendah pengguna KB terdapat di Kabupaten Padang Pariaman yakni sebesar 34,93%, sedangkan persentase tertinggi pengguna KB terdapat di Kota Padang yakni sebesar 86,15%. Rata-rata persalinan yang ditolong oleh tenaga kesehatan ( $X_5$ ) sebesar 83,05% dengan varians sebesar 682,07%. Hal ini berarti bahwa hampir keseluruhan ibu hamil mendapatkan pertolongan persalinan dari tenaga kesehatan yang tersebar di seluruh kabupaten/kota yang ada di Sumatera Barat. Namun, masih terdapat Kabupaten Sawahlunto dengan persentase persalinan yang ditolong oleh tenaga kesehatan sangat rendah yakni sebesar 13,83%. Rata-rata perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf ( $X_6$ ) sebesar 1,635% dengan varians 4,02%. Hal ini berarti bahwa rata-rata persentase perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf di kabupaten/kota Sumatera Barat sebanyak 1,635% dari keseluruhan perempuan berumur 15-64 tahun. Persentase tertinggi perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf terdapat di Kabupaten Sijunjung yakni sebesar 6,56%. Persentase terendah perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf terdapat di Kota Sawahlunto dan Padang Panjang yakni sebesar 0%.

Penyebaran jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi Sumatera Barat beserta faktor-faktor yang diduga memengaruhinya juga ditampilkan dalam bentuk peta tematik dengan meng-

gunakan *Arcview GIS 3.3*. Penyebaran data dibagi menjadi tiga kelompok kategori yaitu kategori rendah, sedang dan tinggi. Pengelompokan ini dilakukan dengan menggunakan metode *natural breaks* sebagaimana dijelaskan pada sub bab 2.1. Pengkategorian dibagi menjadi tiga agar memudahkan peneliti dalam menginterpretasikan dan memudahkan untuk mengidentifikasi kabupaten/kota di Sumatera Barat yang memiliki jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi dengan kategori tinggi, sedang dan rendah sehingga diharapkan pihak yang berwenang dapat dengan mudah mengatasi jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi terutama di daerah yang tergolong tinggi.

#### 4.1.1 Jumlah Kematian Bayi

Adapun penyebaran jumlah kematian bayi di Sumatera Barat sebagai berikut.



**Gambar 4.1** Penyebaran Jumlah Kematian Bayi

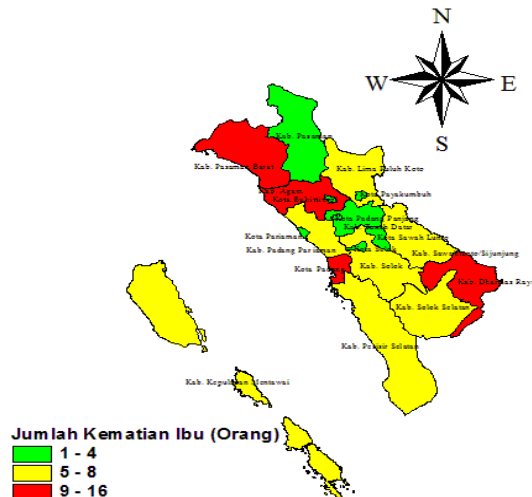
Gambar 4.1 diatas menunjukkan penyebaran jumlah kematian bayi yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 59-108 kasus terdapat di empat kabupaten/kota yakni Kabupaten Agam, Sijunjung, Tanah Datar, dan Kota Padang. Penyebaran jumlah kematian bayi yang termasuk dalam kategori sedang



berkisar antara 26-58 kasus terdapat di empat kabupaten/kota yakni Kabupaten Dharmasraya, Pasaman, Solok, dan Lima Puluh Kota. Sementara, untuk kategori rendah berkisar antara 1-25 kasus terdapat di sebelas kabupaten/kota yakni Kabupaten Pesisir Selatan, Kepulauan Mentawai, Solok Selatan, Padang Pariaman, Pasaman Barat, Kota Solok, Pariaman, Bukittinggi, Payakumbuh, Sawahlunto, dan Padang Panjang.

#### 4.1.2 Jumlah Kematian Ibu

Penyebaran jumlah kematian ibu di Sumatera Barat sebagai berikut.



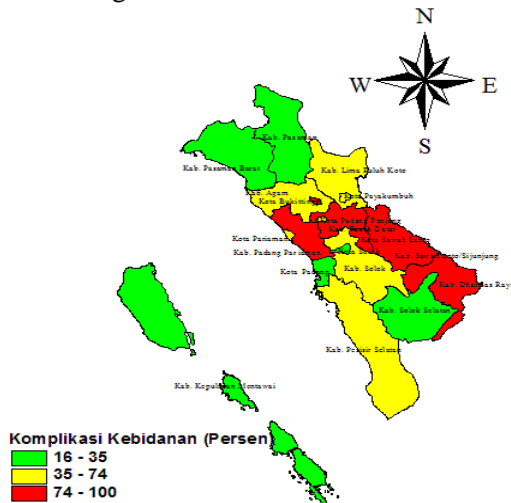
**Gambar 4.2** Penyebaran Jumlah Kematian Ibu

Gambar 4.2 diatas menunjukkan penyebaran jumlah kematian ibu yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 9-16 kasus terdapat di empat kabupaten/kota yaitu Kabupaten Dharmasraya, Agam, Pasaman Barat dan Kota Padang. Penyebaran jumlah kematian ibu yang berada pada kategori sedang berkisar antara 5-8 kasus terdapat di tujuh kabupaten/kota yaitu Kabupaten Pesisir Selatan, Solok, Kepulauan Mentawai, Solok Selatan, Sijunjung, Padang Pariaman, dan Lima Puluh

Kota. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 1-4 kasus terdapat di delapan kabupaten/kota yakni Kabupaten Pasaman, Sawahlunto, Tanah Datar, Kota Solok, Bukittinggi, Payakumbuh, Padang Panjang, dan Pariaman.

#### 4.1.3 Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani

Penyebaran persentase komplikasi kebidanan yang ditangani adalah sebagai berikut.



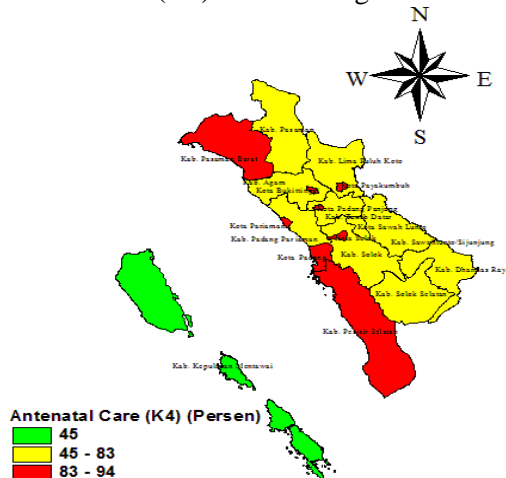
**Gambar 4.3** Penyebaran Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani

Gambar 4.3 diatas menunjukkan penyebaran komplikasi kebidanan ditangani yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 74 sampai 100% terdapat di enam kabupaten/kota yaitu Kabupaten Dharmasraya, Sijunjung, Padang Pariaman, Tanah Datar, Kota Bukittinggi dan Sawahlunto. Penyebaran komplikasi kebidanan ditangani yang berada pada kategori sedang berkisar antara 35 sampai 74% terdapat di tujuh kabupaten/kota yaitu Kabupaten Pesisir Selatan, Solok, Agam, Lima Puluh Kota, Kota Pariaman, Padang Panjang dan Payakumbuh. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 16 samapai 35 % terdapat di enam

kabupaten/kota yakni Kabupaten Pasaman, Kepulauan Mentawai, Solok Selatan, Pasaman Barat, Kota Padang dan Solok.

#### 4.1.4 Persentase Ibu Hamil yang Mendapatkan Pelayanan *Antenatal Care* (K4)

Penyebaran persentase ibu hamil yang mendapatkan pelayanan antenatal care (K4) adalah sebagai berikut.



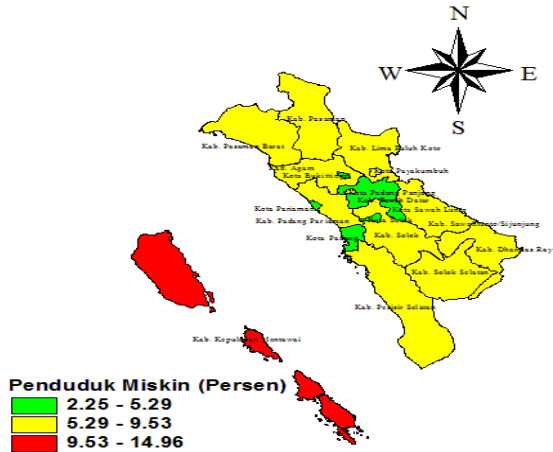
**Gambar 4.4** Penyebaran Persentase Ibu Hamil yang Mendapatkan Pelayanan *Antenatal Care* (K4)

Gambar 4.4 diatas menunjukkan penyebaran persentase ibu hamil yang mendapatkan pelayanan Antenatal Care (K4) yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 83 sampai 94% terdapat di delapan kabupaten/kota yaitu Kabupaten Pesisir Selatan, Pasaman Barat, Kota Padang, Bukittinggi, Payakumbuh, Padang Panjang, Pariaman, dan Solok. Penyebaran persentase ibu hamil yang mendapatkan pelayanan Antenatal Care (K4) yang berada pada kategori sedang berkisar antara 45 sampai 83% terdapat di sepuluh kabupaten/kota yaitu Kabupaten Agam, Pasaman, Dharmasraya, Solok Selatan, Sijunjung, Solok, Tanah Datar, Padang Pariaman, Lima Puluh Kota, dan Kota Sawahlunto. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 0 sampai 45 %

terdapat di satu kabupaten/kota yakni Kabupaten Kepulauan Mentawai.

#### 4.1.5 Persentase Penduduk Miskin

Penyebaran persentase penduduk miskin adalah sebagai berikut.

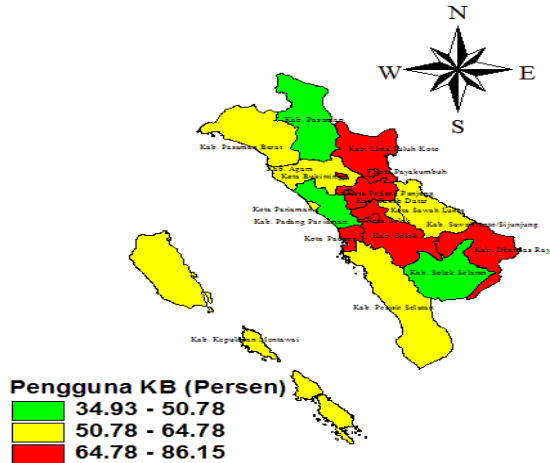


**Gambar 4.5** Penyebaran Persentase Penduduk Miskin

Gambar 4.5 diatas menunjukkan penyebaran persentase penduduk miskin yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 9,53 sampai 14,96% terdapat di satu kabupaten/kota yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai. Penyebaran persentase penduduk miskin yang berada pada kategori sedang berkisar antara 5,29 sampai 9,53% terdapat di dua belas kabupaten/kota yaitu Kota Payakumbuh, Padang Panjang, Kabupaten Agam, Pasaman, Dharmasraya, Solok Selatan, Sijunjung, Solok, Padang Pariaman, Lima Puluh Kota, Pesisir Selatan, dan Pasaman Barat. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 2,25 sampai 5,29% terdapat di enam kabupaten/kota yakni Kabupaten Tanah Datar, Kota Padang, Bukittinggi, Sawahlunto, Pariaman dan Solok.

#### 4.1.6 Persentase Pengguna KB

Penyebaran persentase pengguna KB adalah sebagai berikut.



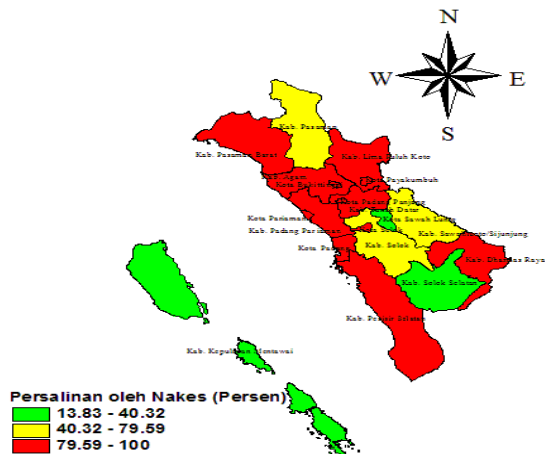
**Gambar 4.6** Penyebaran Persentase Pengguna KB

Gambar 4.6 diatas menunjukkan penyebaran persentase pengguna KB yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 64,78 sampai 86,15% terdapat di sembilan kabupaten/kota yaitu Kabupaten Dharmasraya, Lima Puluh Kota, Tanah Datar, Solok, Kota Padang Panjang, Bukittinggi, Payakumbuh, Solok, Padang. Penyebaran persentase pengguna KB yang berada pada kategori sedang berkisar antara 50,78 sampai 64,78% terdapat di tujuh kabupaten/kota yaitu Kabupaten Pasaman Barat, Agam, Sijunjung, Pesisir Selatan, Kepulauan Mentawai, Kota Pariaman, dan Sawahlunto. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 34,93 sampai 50,78% terdapat di tiga kabupaten yakni Kabupaten Pasaman, Padang Pariaman, dan Solok Selatan.

#### 4.1.7 Persentase Persalinan oleh Tenaga Kesehatan

Penyebaran persentase persalinan oleh tenaga kesehatan dapat dilihat pada Gambar 4.7. Berdasarkan gambar tersebut ditunjukkan penyebaran persentase persalinan oleh tenaga

kesehatan yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 79,59 sampai 100% terdapat di tiga belas kabupaten/kota yaitu Kabupaten Dharmasraya, Pesisir Selatan, Lima Puluh Kota, Pasaman Barat, Tanah Datar, Agam, Padang Pariaman, Kota Padang Panjang, Bukittinggi, Payakumbuh, Solok, Padang, dan Pariaman. Penyebaran persentase persalinan oleh tenaga kesehatan yang berada pada kategori sedang berkisar antara 40,32 sampai 79,59% terdapat di tiga kabupaten yaitu Kabupaten Pasaman, Solok, dan Sijunjung. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 13,83 sampai 40,32% terdapat di tiga kabupaten/kota yakni Kabupaten Kepulauan Mentawai, Solok Selatan dan Kota Sawahlunto.

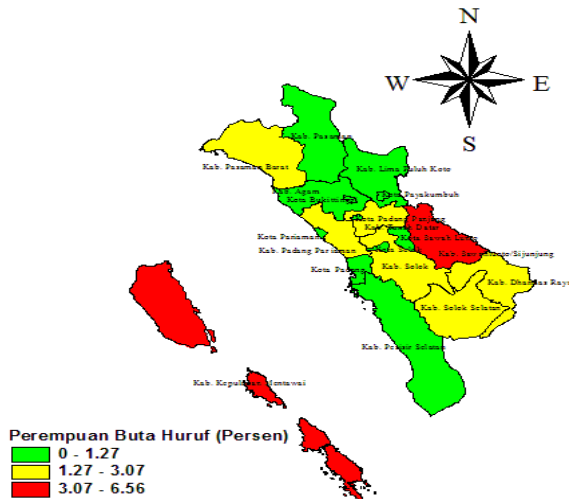


**Gambar 4.7** Penyebaran Persentase Persalinan oleh Tenaga Kesehatan

#### 4.1.8 Persentase Perempuan Berumur 15-64 Tahun

Penyebaran persentase perempuan berumur 15-64 tahun ditunjukkan pada Gambar 4.8. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa penyebaran persentase perempuan berumur 15-64 tahun yang berada pada kategori tinggi berkisar antara 3,07 sampai 6,56% terdapat di dua kabupaten yaitu Kabupaten

Kepulauan Mentawai dan Sijunjung. Penyebaran persentase perempuan berumur 15-64 tahun yang berada pada kategori sedang berkisar antara 1,27 sampai 3,07% terdapat di enam kabupaten/kota yaitu Kabupaten Pasaman Barat, Solok, Dharmasraya, Tanah Datar, Padang Pariaman, dan Solok Selatan. Sementara untuk kategori rendah berkisar antara 0 sampai 1,27% terdapat di sebelas kabupaten/kota yakni Kabupaten Pasaman, Lima Puluh Kota, Agam, Pesisir Selatan, Kota Payakumbuh, Padang Panjang, Bukittinggi, Solok, Sawahlunto, Pariaman dan Padang.

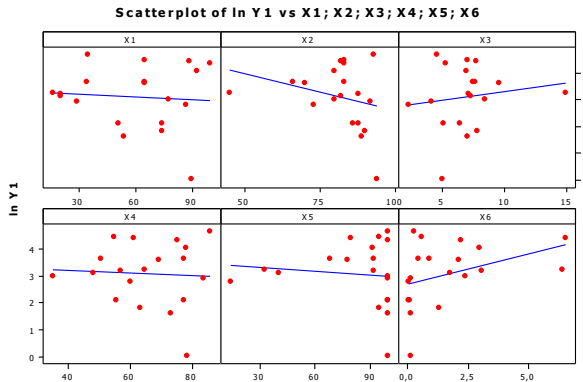


**Gambar 4.8** Penyebaran Persentase Perempuan Berumur 15-64 Tahun yang Buta Huruf

#### 4.1.9 Pola Hubungan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi

Pola hubungan jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya dapat dilihat menggunakan *scatterplot*. Berdasarkan data variabel respon jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi dengan

variabel prediktornya diperoleh *scatterplot* untuk masing-masing variabel respon sebagai berikut.



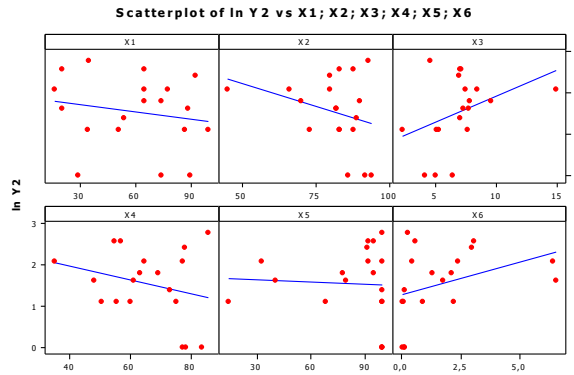
**Gambar 4.9** *Scatterplot* Jumlah Kematian Bayi

Berdasarkan Gambar 4.9 terlihat bahwa pola hubungan antara jumlah kematian bayi dengan komplikasi kebidanan yang ditangani, pengguna KB, dan persalinan di tolong oleh tenaga kesehatan tidak dapat menunjukkan penurunan atau peningkatan sehingga tidak dapat dijelaskan hubungan antara variabel jumlah kematian bayi dengan ketiga variabel tersebut. Ibu hamil yang mendapatkan pelayanan antenatal care (K4) cenderung menurun. Hal ini berarti bahwa semakin banyak ibu hamil yang mendapatkan pelayanan *antenatal care* (K4) akan menurunkan jumlah kematian bayi.

Dengan demikian, hal ini sesuai dengan teori kesehatan dimana dengan semakin banyaknya ibu hamil mendapatkan pelayanan *antenatal care* (K4) maka akan menurunkan jumlah kematian bayi. Sementara pola hubungan antara jumlah kematian bayi dengan penduduk miskin dan perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf cenderung meningkat. Hal ini berarti bahwa semakin



tinggi penduduk miskin dan perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf akan me-ningkatkan jumlah kematian bayi.



**Gambar 4.10** Scatterplot Jumlah Kematian Ibu

Berdasarkan Gambar 4.10 terlihat bahwa pola hubungan antara jumlah kematian ibu dengan komplikasi kebidanan yang ditangani, ibu hamil yang mendapatkan pelayanan *antenatal care* (K4), dan pengguna KB cenderung menurun. Hal ini berarti bahwa semakin banyak ibu hamil mengalami komplikasi kebidanan yang ditangani, ibu hamil yang mendapatkan pelayanan *antenatal care* (K4), dan pengguna KB akan menurunkan jumlah kematian ibu.

Dengan demikian, hal ini juga sesuai dengan teori kesehatan dimana dengan semakin banyaknya komplikasi kebidanan yang ditangani, ibu hamil yang mendapatkan pelayanan *antenatal care* (K4), dan pengguna KB maka akan menurunkan jumlah kematian ibu. Sementara pola hubungan antara jumlah kematian ibu dengan penduduk miskin dan perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf cenderung meningkat. Hal ini berarti bahwa semakin tinggi jumlah penduduk miskin dan perempuan berumur 15-

64 tahun yang buta huruf akan meningkatkan jumlah kematian ibu. Pola hubungan antara persalinan di tolong oleh tenaga kesehatan dengan jumlah kematian ibu tidak dapat menunjukkan penurunan atau peningkatan sehingga tidak dapat menjelaskan hubungan antara kedua variabel tersebut.

#### 4.2 Pemeriksaan Multikolinearitas

Sebelum melakukan analisis dengan metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* maka perlu dilakukan pemeriksaan multikolinieritas terhadap data yang digunakan. Pemeriksaan multikolinieritas ini bertujuan untuk melihat apakah terdapat korelasi yang tinggi antar variabel prediktor. Ada beberapa cara untuk mendeteksi multikolinieritas yaitu dengan matriks koefisien korelasi dan dengan menggunakan nilai VIF pada persamaan 2.3. Berikut ini hasil pemeriksaan multikolinieritas sebagaimana dilampirkan pada lampiran 4a yang merupakan matriks koefisien korelasi antar variabel prediktor.

**Tabel 4.2** Koefisien Korelasi Antar Variabel Prediktor

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
X <sub>1</sub>	1,0000					
X <sub>2</sub>	0,1346	1,0000				
X <sub>3</sub>	0,3215	-0,7031	1,0000			
X <sub>4</sub>	0,1447	0,1421	-0,2565	1,0000		
X <sub>5</sub>	0,2369	0,6203	-0,2221	0,3179	1,0000	
X <sub>6</sub>	-0,0522	-0,5355	0,6876	-0,2286	-0,2984	1,0000

Adanya multikolinieritas antar variabel prediktor dapat dilihat dari koefisien korelasi pearson. Dimana jika nilai korelasi antara variabel prediktor lebih besar dari 0,95 maka terjadi multikolinieritas. Berdasarkan Tabel 4.2 semua koefisien korelasi antar variabel prediktor kurang dari 0,95 maka tidak terdapat multikolinieritas pada data variabel prediktor yang digunakan. Kriteria lain yang dapat mendeteksi multikolinieritas adalah nilai VIF sebagaimana tertera pada lampiran 4b. Berikut Nilai VIF masing-masing variabel prediktor disajikan dalam Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Nilai VIF dari Variabel Prediktor

Variabel	VIF
$X_1$	1,4975
$X_2$	4,8119
$X_3$	5,1498
$X_4$	1,3272
$X_5$	2,9569
$X_6$	2,2358

Terjadinya multikolinieritas jika nilai VIF lebih besar dari 10. Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai VIF masing-masing variabel prediktor bernilai kurang dari 10, maka dapat disimpulkan tidak terdapat multikolinieritas.

### 4.3 Uji Koefisien Korelasi

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis regresi bivariat adalah terdapat korelasi antar variabel respon Y. Uji korelasi yang dilakukan dalam penelitian ini untuk melihat hubungan antara jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi Provinsi Sumatera Barat tahun 2014. Dengan menggunakan persamaan 2.5 diperoleh koefisien korelasi antara jumlah kematian ibu dengan jumlah kematian bayi sebesar 0,58908 sebagaimana terlampir pada Lampiran 2. Kemudian dilakukan pengujian koefisien korelasi dengan hipotesis uji sebagai berikut.

$H_0$  : Tidak terdapat hubungan antara jumlah kematian ibu dengan jumlah kematian bayi

$H_1$  : Terdapat hubungan antara jumlah kematian ibu dengan jumlah kematian bayi

Berdasarkan statistik uji t menggunakan persamaan 2.6 diperoleh nilai  $t_{hit}$  sebagai berikut.

$$t = \frac{0,58908\sqrt{19-2}}{\sqrt{1-(0,58908)^2}} = 3,0057$$

Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $t_{hit}$  lebih besar dibandingkan nilai  $t_{(0,05;17)}$  sebesar 2,1098. Dengan demikian dapat disimpulkan tolak hipotesis nol yang berarti bahwa terdapat hubungan antara jumlah kematian ibu dengan jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014.

#### 4.4 Pengujian Distribusi *Bivariate Generalized Poisson*

Selain itu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis regresi *bivariate generalized Poisson* adalah variabel respon jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi mengikuti distribusi *bivariate generalized Poisson*. Hipotesis uji distribusi *bivariate generalized Poisson* adalah sebagai berikut.

$H_0$  : variabel respon jumlah kematian bayi dan jumlah kematian ibu mengikuti distribusi *bivariate generalized Poisson*

$H_1$  : variabel respon jumlah kematian bayi dan jumlah kematian ibu tidak mengikuti distribusi *bivariate generalized Poisson*

Berdasarkan statistik uji *Crockett's* menggunakan persamaan 2.12 dan sebagaimana terlampir pada Lampiran 3 diperoleh nilai  $T_{hit}$  sebagai berikut.

$$T = \begin{bmatrix} 977,187 & 13,298 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1026228 & 6155,08 \\ 6155,08 & 380,59 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 977,187 & 13,298 \end{bmatrix} \\ = 1,0914$$

Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $T$  lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $\chi^2_{(0,05;2)}$  sebesar 5,99165. Dengan demikian diperoleh kesimpulan gagal tolak  $H_0$  yang berarti bahwa data variabel respon jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi mengikuti distribusi *bivariate generalized Poisson*.

#### 4.5 Pendeteksian Over/Underdispersi

Dalam regresi poisson terdapat asumsi yang harus dipenuhi yaitu nilai rata-rata dan varians harus sama disebut *equidispersion*. Untuk mendeteksi *equidispersion*, dapat dilihat dari nilai *deviance/db* atau *pearson/db*. Sebagaimana telah dijelaskan pada sub bab 2.3 jika nilai *deviance/db* atau *pearson/db* lebih besar dari 1, maka dapat dikatakan terjadinya overdispersi. Berdasarkan output hasil analisis pada lampiran 6 yang disajikan dalam tabel 4.4 diperoleh nilai *deviance/db* atau *pearson/db* lebih besar dari 1, sehingga dapat disimpulkan pada jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Sumatera Barat tahun 2014 terjadi overdispersi. Adanya overdispersi tersebut menyebabkan

model yang terbentuk akan menghasilkan estimasi parameter yang bias. Oleh karena itu, metode yang sesuai digunakan untuk mengatasi overdispersi dengan variabel respon bivariat adalah *Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR).

**Tabel 4.4** Nilai *Deviance* dan *Pearson* dari Model Regresi Poisson

Variabel	Kriteria	Nilai	Db	Nilai/db
Y <sub>1</sub>	<i>Deviance</i>	364,5979	12	30,3832
	<i>Pearson Chi-Square</i>	404,5405	12	33,7170
Y <sub>2</sub>	<i>Deviance</i>	44,4929	12	3,7077
	<i>Pearson Chi-Square</i>	44,2827	12	3,6902

#### 4.6 Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Kematian Bayi Provinsi Sumatera Barat Tahun 2014 Menggunakan BGPR

Setelah pemeriksaan asumsi korelasi dan distribusi bivariat antar variabel respon serta multikolinieritas dan overdispersi atau underdispersi terpenuhi, maka dapat dilanjutkan dengan pemodelan BGPR. Untuk mendapatkan model terbaik yang menggambarkan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor maka dilakukan seleksi variabel dengan menggunakan metode *all possible regression*. Kriteria pemilihan model terbaik dengan melihat nilai AIC (*Akaike's Information Criteria*) masing-masing model menggunakan persamaan 2.53. Model terbaik adalah model dengan memiliki nilai AIC terkecil. Kemungkinan model yang terbentuk menggunakan *all possible regression* adalah sebanyak 63 model. Akan tetapi, yang ditampilkan dalam pembahasan ini adalah model dengan nilai signifikansi uji serentak yang signifikan. Hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai devians yang lebih besar dibandingkan nilai  $\chi^2_{tabel}$  atau nilai *p-value* yang lebih kecil dibandingkan nilai alpha 5%. Berikut disajikan nilai AIC masing-masing model berdasarkan hasil pemodelan pada lampiran 9 sampai lampiran 28.

**Tabel 4.5** Pemilihan Model Terbaik

Model	AIC	Model	AIC
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>	204,034	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>	228,535
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>	211,568	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>5</sub>	234,378

**Tabel 4.5** Pemilihan Model Terbaik (Lanjutan)

Model	AIC	Model	AIC
$X_2 X_3 X_4 X_5 X_6$	214,474	$X_2 X_3 X_5$	238,067
$X_2 X_3 X_5 X_6$	220,412	$X_2 X_3 X_4 X_5$	233,006
$X_1 X_2 X_3 X_6$	224,270	$X_2 X_3$	244,147
$X_1 X_2 X_3 X_4 X_5$	222,507	$X_1 X_2$	242,211
$X_1 X_2 X_4 X_5$	229,115	$X_2 X_4 X_5$	239,043
$X_1 X_3 X_6$	235,715	$X_2 X_5$	245,582
$X_3 X_6$	235,715	$X_3$	248,928
$X_2 X_3 X_6$	230,799	$X_2$	251,090

Berdasarkan Tabel 4.5 nilai AIC terkecil yakni 204,034 diperoleh pada model BGPR dengan menggunakan keseluruhan variabel prediktor. Maka dapat disimpulkan model terbaik untuk jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi per kabupaten/kota di Sumatera Barat tahun 2014 adalah model *bivariate generalized Poisson regression* dengan menggunakan enam variabel prediktor. Setelah diperoleh model terbaik dilanjutkan dengan estimasi parameter model. Estimasi parameter model BGPR menggunakan iterasi nelder mead sebagaimana dijelaskan dalam sub bab 2.9.1. Berikut hasil estimasi parameter model BGPR sebagaimana tertera pada lampiran 8 yang diringkas dalam Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Estimasi Parameter Model BGPR

Parameter	Jumlah Kematian Bayi		Jumlah Kematian Ibu	
	Estimasi	SE	Estimasi	SE
$\beta_0$	6,3983	1,0581	3,6451	2,3401
$\beta_1$	-0,0050	0,0024	-0,0100	0,0051
$\beta_2$	-0,0375	0,0103	-0,0244	0,0212
$\beta_3$	-0,2480	0,0449	-0,0721	0,1005
$\beta_4$	0,0057	0,0053	-0,0056	0,0093
$\beta_5$	0,0163	0,0037	0,0167	0,0078
$\beta_6$	0,2700	0,0343	0,1189	0,0798

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh nilai estimasi parameter dari model BGPR. Dengan estimasi parameter dispersi untuk jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi adalah  $\alpha_1 = 11,9715$  dan  $\alpha_2 = 12,0000$ . Berikut model BGPR yang dihasilkan untuk jumlah kematian bayi.

$$\hat{\lambda}_1 = \exp(6,3983 - 0,0050X_1 - 0,0375X_2 - 0,2480X_3 + 0,0057X_4 + 0,0163X_5 + 0,2700X_6) \quad (4.1)$$

Dari model BGPR diatas dapat diketahui bahwa setiap kenaikan satu persen komplikasi kebidanan yang ditangani, maka akan menurunkan rata-rata kematian bayi di Sumatera Barat sebesar  $\exp(0,0050) = 0,995$  kali dari rata-rata kematian bayi semula dengan syarat semua variabel lain konstan atau variabel lainnya tidak masuk dalam model. Selain itu, interpretasi yang sama untuk ibu hamil mendapatkan K4 dan perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf.

Namun terdapat perbedaan dengan teori kesehatan pada variabel penduduk miskin, pengguna KB, dan persalinan oleh tenaga kesehatan. Apabila setiap kenaikan satu persen penduduk miskin akan menurunkan rata-rata kematian bayi sebesar  $\exp(0,2480) = 0,78$  kali dari rata-rata kematian bayi semula dengan syarat semua variabel lain konstan atau variabel lainnya tidak masuk dalam model. Selain itu, interpretasi yang sama untuk pengguna KB dan persalinan oleh tenaga kesehatan. Berdasarkan model BGPR yang diperoleh variabel penduduk miskin, pengguna KB, dan persalinan oleh tenaga kesehatan menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penduduk miskin, persentase pengguna KB dan persentase persalinan di tolong oleh tenaga kesehatan maka akan meningkatkan jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat. Hal ini tidak sesuai dengan teori kesehatan, karena ketiga variabel ini seharusnya menurunkan jumlah kematian bayi. Berdasarkan kajian teori pada subbab 2.11 diketahui bahwa ketiga variabel tersebut berpengaruh terhadap jumlah kematian bayi. Dengan demikian, ketiga variabel tersebut perlu diperhatikan dalam rangka menurunkan jumlah kematian ibu maupun kematian bayi meskipun berdasarkan model yang dihasilkan tidak sesuai dengan teori kesehatan.

Model yang didapatkan dari hasil penaksiran parameter BGPR untuk jumlah kematian ibu sebagai berikut.

$$\hat{\lambda}_2 = \exp(3,6451 - 0,0100X_1 - 0,0244X_2 - 0,0721X_3 - 0,0056X_4 + 0,0167X_5 + 0,1189X_6) \quad (4.2)$$

Dari model BGPR diatas dapat diketahui bahwa setiap kenaikan satu persen komplikasi kebidanan ( $X_1$ ), maka akan menurunkan

rata-rata kematian ibu di Sumatera Barat sebesar  $\exp(0,0100) = 0,99$  kali dari rata-rata kematian bayi dengan syarat semua variabel lain konstan atau variabel lainnya tidak masuk dalam model. Selain itu, interpretasi yang sama untuk ibu hamil mendapatkan K4, pengguna KB, dan perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf.

Namun terdapat perbedaan dengan teori kesehatan pada variabel penduduk miskin dan persalinan oleh tenaga kesehatan. Apabila setiap kenaikan satu persen penduduk miskin akan menurunkan jumlah kematian ibu sebesar  $\exp(0,0721) = 0,93$  kasus dengan syarat semua variabel lain konstan. Selain itu, interpretasi yang sama untuk persalinan oleh tenaga kesehatan. Berdasarkan model BGPR yang diperoleh variabel penduduk miskin dan persalinan oleh tenaga kesehatan menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penduduk miskin maka akan menurunkan jumlah kematian ibu dan semakin tinggi persentase persalinan di tolong oleh tenaga kesehatan maka akan meningkatkan jumlah kematian ibu di Provinsi Sumatera Barat. Hal ini tidak sesuai dengan teori kesehatan, karena kedua variabel ini seharusnya menurunkan jumlah kematian ibu. Penyebab dari meningkatnya persentase penduduk miskin akan menurunkan rata-rata kematian ibu adalah adanya program Indonesia sehat. Program ini dirancang oleh pemerintah untuk mengatasi masalah bidang kesehatan sehingga dapat membantu masyarakat miskin untuk datang ke fasilitas kesehatan khususnya dalam penelitian ini ibu hamil yang ingin memeriksa kehamilan dan melakukan persalinan di fasilitas kesehatan yang memadai tanpa terkendala biaya.

Selanjutnya dilakukan pengujian secara serentak yang bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap variabel respon. Berikut adalah hipotesis pengujian parameter BGPR secara serentak.

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \beta_{j1} = \beta_{j2} = \beta_{j3} = \beta_{j4} = \beta_{j5} = \beta_{j6} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \alpha_j \text{ dan } \beta_{jl} \neq 0; j=1,2 \text{ dan } l=1,2,\dots,6$$



Berdasarkan pemodelan BGPR menunjukkan bahwa dari hasil analisis pada lampiran 8 diperoleh nilai devians sebesar 15560,708. Hal ini berarti nilai devians lebih besar dari  $\chi^2_{(0,05;12)}$  sebesar 21,02607. Hal ini dapat disimpulkan tolak  $H_0$  yang berarti bahwa paling sedikit ada satu variabel prediktor yang berpengaruh terhadap model. Oleh karena itu, perlu dilanjutkan pengujian secara parsial. Pengujian parsial bertujuan untuk melihat signifikansi masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon. Pengujian parsial dilakukan terhadap parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  dengan hipotesis masing-masing parameter sebagai berikut. Parameter dispersi ( $\alpha$ )

$$H_0 : \alpha_j = 0$$

$$H_0 : \alpha_j \neq 0; j=1,2$$

Parameter Model BGPR ( $\beta$ )

$$H_0 : \beta_j = 0 \text{ (pengaruh variabel ke-} j \text{ tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ (pengaruh variabel ke-} j \text{ signifikan)}; j=1,2,3,4,5,6$$

Pengujian ini menggunakan statistik uji  $|Z_{hitung}|$  yang kemudian dibandingkan dengan  $Z_{tabel}$ , dengan menggunakan taraf signifikansi 5% diperoleh  $Z_{(0,05/2)}$  sebesar 1,96. Berikut disajikan nilai  $Z_{hit}$  berdasarkan pemodelan BGPR pada lampiran 8 untuk parameter dispersi.

**Tabel 4.7** Nilai  $Z_{hit}$  Parameter Dispersi

Parameter	$Z_{hit}$	$P\text{-value}$
$\alpha_1$	68,0973	0,0000
$\alpha_2$	19,7466	0,0000

<sup>a)</sup> signifikan dengan taraf nyata 5%

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa  $|Z_{hitung}|$  dari masing-masing parameter dispersi lebih besar dari 1,96 sehingga diputuskan tolak  $H_0$ . Hal ini berarti bahwa parameter dispersi berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi Provinsi Sumatera Barat. Selanjutnya dilakukan pengujian parsial terhadap parameter model BGPR, dengan nilai  $Z_{hit}$  berdasarkan pemodelan BGPR pada lampiran 8 sebagai berikut.

**Tabel 4.8** Nilai  $Z_{hit}$  Parameter Model BGPR

Parameter	Jumlah Kematian Bayi		Jumlah Kematian Ibu	
	$Z_{hit}$	$P-value$	$Z_{hit}$	$P-value$
$\beta_0$	6,0470	0,0000	1,5577	0,1193
$\beta_1$	-2,0833	0,0372	-1,9608	0,0499
$\beta_2$	-3,6408	0,0003	-1,1509	0,2498
$\beta_3$	-5,5234	0,0000	-0,7174	0,4731
$\beta_4$	1,0755	0,2822	-0,6022	0,5470
$\beta_5$	4,4054	0,0000	2,1410	0,0323
$\beta_6$	7,8717	0,0000	1,4900	0,1362

\*) signifikan dengan taraf nyata 5%

Berdasarkan Tabel 4.8 diperoleh variabel yang signifikan terhadap model jumlah kematian bayi adalah  $X_1, X_2, X_3, X_5, X_6$ . Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $p-value$  masing-masing variabel tersebut lebih kecil dibandingkan dengan  $\alpha=0,05$  atau memiliki  $|Z_{hitung}|$  lebih besar dari  $Z_{(0,05/2)}$ . Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase ibu hamil yang Mendapat Pelayanan *Antenatal Care*(K4), Persentase Penduduk Miskin, Persentase Persalinan Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan, dan Persentase Perempuan Berumur 15-64 tahun yang Buta Huruf berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi di Sumatera Barat. Sementara variabel prediktor yang signifikan terhadap model jumlah kematian ibu adalah  $X_1, X_5$ . Hal ini ditunjukkan oleh nilai  $p-value$  masing-masing variabel tersebut lebih kecil dibandingkan dengan  $\alpha=0,05$  atau memiliki  $|Z_{hitung}|$  lebih besar dari  $Z_{(0,05/2)}$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa persentase komplikasi kebidanan yang ditangani dan Persentase Persalinan Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan berpengaruh signifikan secara individu terhadap jumlah kematian ibu.

Namun, berdasarkan hasil pengujian parsial tersebut bukan berarti variabel yang tidak signifikan dalam model tidak berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Barat. Akan tetapi, secara teori kesehatan dan realita di kehidupan sehari-hari variabel seperti pelayanan *antenatal care* dan variabel lainnya yang tidak

signifikan dalam model berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu maupun jumlah kematian bayi. Dengan demikian, beberapa faktor yang diduga berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu maupun kematian bayi dalam penelitian ini tetap harus diperhatikan. Akan tetapi, faktor yang harus diperhatikan adalah variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah kematian ibu maupun kematian bayi tanpa mengabaikan faktor yang tidak signifikan terhadap jumlah kematian ibu maupun kematian bayi.

#### **4.7 Faktor Yang Berpengaruh Signifikan Terhadap Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi**

Berdasarkan pengujian parsial model terbaik yang diperoleh yakni model dengan keenam variabel prediktor diketahui faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kematian bayi adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase ibu hamil yang mendapat pelayanan *antenatal care* (K4), persentase penduduk miskin, persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan, dan persentase perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf. Namun, tidak semua variabel signifikan yang diperoleh tersebut sejalan dengan teori kesehatan.

Berdasarkan kajian teori tentang faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kematian bayi pada sub bab 2.11 dinyatakan bahwa anak yang berada dalam rumah tangga miskin umumnya memiliki angka kematian bayi dua kali lipat lebih tinggi dari kematian bayi di kelompok keluarga sejahtera. Namun, berdasarkan model BGPR yang diperoleh penduduk miskin yang meningkat akan menurunkan kematian bayi. Hal ini didukung dengan adanya program pemerintah dalam permasalahan kesehatan yang memberikan kemudahan bagi penduduk miskin untuk memperoleh pelayanan kesehatan yang memadai. Dengan demikian secara tidak langsung dapat membantu mengurangi jumlah kematian bayi.

Sementara, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu yakni persentase komplikasi kebidanan yang ditangani dan persentase persalinan ditolong oleh tenaga

kesehatan. Berdasarkan kajian teori tentang faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu pada sub bab 2.11 dinyatakan bahwa indikator yang berpengaruh langsung terhadap AKI adalah kunjungan pemeriksaan ibu hamil bulan pertama dan keempat (K1 dan K4), persalinan ditolong tenaga kesehatan, dan kunjungan nifas tiga kali (KF-3). Jika semua indikator tersebut meningkat maka akan mampu memperbaiki atau menurunkan AKI. Namun, berdasarkan model yang diperoleh persalinan yang ditolong oleh tenaga kesehatan meningkat juga akan meningkatkan jumlah kematian ibu. Hal ini disebabkan kurangnya penyebaran tenaga kesehatan yang berkompeten di masing-masing daerah sehingga menyebabkan jumlah kematian ibu semakin meningkat.

Berdasarkan persamaan 4.1 diperoleh perkiraan rata-rata jumlah kematian bayi di Kota Padang adalah sebanyak  $43,5862 \approx 44$  kasus, sedangkan perkiraan rata-rata jumlah kematian bayi di Kabupaten Kepulauan Mentawai dalam setahun adalah sebanyak  $34,5596 \approx 35$  kasus. Perkiraan rata-rata jumlah kematian ibu di Kota Padang dalam setahun berdasarkan persamaan 4.2 adalah sebanyak  $6,79 \approx 7$  kasus, sedangkan perkiraan rata-rata jumlah kematian ibu di Kabupaten Kepulauan Mentawai adalah sebanyak  $9,5244 \approx 10$  kasus.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan mengenai jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi serta faktor-faktor yang diduga memengaruhinya. Selain itu, terdapat beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya dan topik terkait.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan terkait hasil penelitian sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis statistika deskriptif diperoleh rata-rata kematian bayi yang terjadi di Sumatera Barat pada tahun 2014 adalah  $35,84 \approx 36$  kasus dengan kematian bayi tertinggi terdapat di Kota Padang yakni sebanyak 108 kasus. Sementara rata-rata kematian ibu yang terjadi di Sumatera Barat tahun 2014 adalah  $6,21 \approx 7$  kasus dengan kematian tertinggi terdapat di Kota Padang yakni sebanyak 16 kematian ibu. Selain itu, rata-rata ibu hamil yang mendapat penanganan komplikasi kebidanan adalah 59,9% dengan penanganan komplikasi kebidanan terendah terdapat di Kabupaten mentawai yakni sebesar 16%. Rata – rata ibu hamil yang mendapatkan pelayanan K4 adalah 81,42%, dengan ibu hamil yang mendapat pelayanan K4 terendah juga terdapat di Kabupaten Kepulauan Mentawai yakni sebesar 45%. Rata-rata penduduk miskin di Provinsi Sumatera Barat adalah 6,93%. Rata-rata pengguna KB di Provinsi Sumatera Barat adalah 65,88% dan rata-rata persalinan di tolong oleh tenaga kesehatan adalah 83,05% serta rata-rata perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf adalah 1,635%.
2. Menentukan model terbaik untuk jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Sumatera Barat tahun 2014 dengan cara melihat nilai AIC terkecil. Berdasarkan nilai AIC

terkecil diperoleh model terbaik BGPR enam variabel dengan nilai AIC sebesar 204,034. Berdasarkan model terbaik diperoleh faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase ibu hamil yang mendapat pelayanan *antenatal care* (K4), persentase penduduk miskin, persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan, dan persentase perempuan berumur 15-64 tahun yang buta huruf. Sementara, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu yakni persentase komplikasi kebidanan yang ditangani dan persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan .

## 5.2 Saran

Dari kesimpulan yang diperoleh, maka terdapat beberapa hal yang dapat disarankan antara lain sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini model yang digunakan kurang mampu memberikan informasi yang akurat terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan model lainnya yang lebih sesuai untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan informatif mengenai variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu maupun kematian bayi seperti menggunakan *Generalized Linier Model* lainnya seperti dengan menggunakan pendekatan binomial negatif.
2. Bagi Dinas Kesehatan Sumatera Barat perlu memprioritaskan dan memberikan arahan kepada masyarakat mengenai kesehatan ibu hamil dengan lebih memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kematian terhadap ibu hamil maupun bayi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis Second Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. (2013). *Survey Demografi dan kesehatan Indonesia Tahun 2012*. Jakarta: BPS Republik Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. (2015). *Sumatera Barat Dalam Angka Tahun 2015*. Sumatera Barat: BPS Sumatera Barat.
- Cameron, A.C. & Trivedi, P.K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat. (2014). *Profil Kesehatan Provinsi Sumatera Barat*. Padang: Dinkes Sumbar.
- Draper, N. R & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan* (B. Sumantri, Trans.). Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Famoye, F., Wulu, J.T. da Singh, K.P. (2004). On The Generalized Poisson Regression Model with an Application to Accident Data. *Journal of Data Science* 2 (2004), 287-295.
- Hardin JW & Hilbe JM. (2007). *Generalized Linier Models and Extensions*. Texas: A Strata Perss Publication.
- Hocking, R. (1996). *Methods and Application of Linear Models*. New York: John Wiley & Sons.
- Johnson, R.A. & Winchern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis. 6th Edition*. New Jersey: Prentice hall.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2015). *Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan.
- Khoshgoftaar, T.M., Gao, K, Szabo, R.M. (2004). Comparing software fault predictions of pure and zero-inflated poisson regression models. *International Journal of System Science* 36 (11), 705-715.
- McCullagh, P. & Nelder, J.A. (1983). *Generalized Linier Models*. London: Chapmann and Hall.

- McCarthy, J. & Maine, D. (1992). A Framework for Analyzing The Determinants of Maternal Mortality. *Studies in family planning* 23(1), 23-33.
- Mosley & Chen. (1984). An Analytical Framework for The Study of Child Survival in Developing Countries. *Bulletin of the World Health Organization* 81 (2), 140-5.
- Myers, R. H. (1990). *Classical and Modern Regression with Applications. 2th Edition*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Nurritzka, R.H & Wiko, S. (2013). *Arah dan Strategi Kebijakan Penurunan Angka Kematian Ibu (AKI), Angka Kematian Bayi (AKB), dan Angka Kematian Balita (AKABA) di Indonesia*. Jakarta: Prakarsa
- Putri, M.P. (2016). *Analisis Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi Di Provinsi Jawa Tengah dengan Bivariate Generalized Poisson Regression*. Surabaya: ITS.
- Pritasari, E. (2014). *Regresi Bivariat Poisson Dalam Pemodelan Jumlah Kematian Bayi dan Jumlah Kematian Ibu Di Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: ITS.
- Rachmah, N.F. (2014). *Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi Di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Bivariate Poisson Regression*. Surabaya: ITS.
- Triyanto. (2017). *Geographically Weighted Multivariate Poisson Regression*. Surabaya: ITS.
- Unicef. (2012). *Annual Report*. <http://www.unicef.org/publications/files>.
- Vernic, R. (1997). On The Bivariate Generalized Poisson Distribution. *Astin Bulletin* 27(01), 23-32.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi Ketiga* (B. Sumantri, Trans.). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wardani, D. K. (2016). *Pendugaan Parameter dan Pengujian Hipotesis Model Bivariate Generalized Poisson Regression*. Surabaya: ITS.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Jumlah Kematian Ibu dan Kematian Bayi serta Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Sumatera Barat Tahun 2014

KABUPATEN/KOTA	$Y_1$	$Y_2$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
DHARMASRAYA	58	11	93	80	6.97	78.21	91.63	2.97
AGAM	86	13	65	83	7.02	54.71	95.18	0.54
PADANG	108	16	35	93	4.56	86.15	100	0.22
PASAMAN	39	3	34	83	7.6	50.78	68.28	0.89
PESISIR SELATAN	6	6	74	90	7.82	63.43	94.87	1.27
BUKITTINGGI	1	1	90	94	4.96	78.62	100	0.09
PAYAKUMBUH	5	4	54	89	7.01	73.36	100	0.1
SAWAHLUNTO	16	3	87	73	2.25	60.3	13.83	0
KAB SOLOK	37	6	65	70	9.53	69.49	77.85	2.09
KEPULAUAN								
MENTAWAI	25	8	16	45	14.96	64.78	32.26	6.42
SOLOK SELATAN	23	5	20	82	7.33	48.2	40.32	1.73
KAB SIJUNJUNG	84	5	89	82	7.74	61.41	79.59	6.56
PADANG								
PARIAMAN	20	8	78	80	8.39	34.93	100	2.36
LIMA PULUH								
KOTA	38	8	65	66	7.48	77.49	92.02	0.41
PADANG PANJANG	8	1	74	86	6.4	77.63	100	0
PASAMAN BARAT	24	13	20	88	7.08	56.93	92.21	3.07
PARIAMAN	8	3	51	88	5.12	55.69	100	0.07
SOLOK	18	1	29	92	4.16	84.05	100	0.09
TANAH DATAR	77	3	100	83	5.29	75.57	100	2.19

**Lampiran 1.** Data Jumlah Kematian Bayi dan Kematian Ibu serta Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Sumatera Barat Tahun 2014 (Lanjutan)

**Keterangan:**

$Y_1$  : Jumlah Kematian Bayi menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014

$Y_2$  : Jumlah Kematian Ibu menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat tahun 2014

$X_1$  : Persentase komplikasi kebidanan yang ditangani

$X_2$  : Persentase ibu hamil yang mendapatkan pelayanan antenatal care (K4)

$X_3$  : Persentase penduduk miskin

$X_4$  : Penggunaan alat KB

$X_5$  : Persentase persalinan oleh tenaga kesehatan

$X_6$  : Persentase perempuan berumur 15-64 tahun keatas

**Lampiran 2.** Koefisien Korelasi Variabel Respon

```
MTB > name m2 "CORR2"
MTB > CORRELATION 'Y1'-'Y2' 'CORR2'
MTB > print m2
```

**Data Display**

Matrix CORR2

```
1,00000  0,58908
0,58908  1,00000
```

### Lampiran 3. Pemeriksaan Multikolinieritas

#### Lampiran 3a. Matriks Korelasi 6 Variabel Prediktor

```
MTB > Name m1 "CORR1"
MTB > Correlation 'X1'-'X6' 'CORR1'
MTB > PRINT M1
```

##### Data Display

```
Matrix CORR1

1,00000    0,13460   -0,32151    0,14469    0,23690   -0,05217
0,13460    1,00000   -0,70314    0,14207    0,62027   -0,53554
-0,32151  -0,70314    1,00000   -0,25649   -0,22211    0,68756
0,14469    0,14207   -0,25649    1,00000    0,31796   -0,22861
0,23690    0,62027   -0,22211    0,31796    1,00000   -0,29837
-0,05217  -0,53554    0,68756   -0,22861   -0,29837    1,00000
```

#### Lampiran 3b. Nilai VIF 6 Variabel Prediktor

```
MTB > name m2 'VIF'
MTB > Invert 'CORR1' 'VIF'.
MTB > PRINT M2
```

##### Data Display

```
Matrix VIF

1,49755    1,06524    1,48975    0,16675   -0,92029   -0,61216
1,06524    4,81199    3,71014    0,89550   -2,86762   -0,56925
1,48975    3,71014    5,14988    0,88210   -2,38332   -1,98565
0,16675    0,89550    0,88210    1,32718   -0,84061   -0,06563
-0,92029   -2,86762   -2,38332   -0,84061    2,95694    0,74503
-0,61216   -0,56925   -1,98565   -0,06563    0,74503    2,23576
```

**Lampiran 4.** Macro SAS Pendeteksian Over/Underdispersi**Lampiran 4a.** Macro SAS Untuk Mendapatkan Nilai Devians dan *Pearson Chi Square* Regresi Poisson  $Y_1$ .

```

data cari_devians;
input y x1 x2 x3 x4 x5 x6;
datalines;
58      93      80      6.97    78.21    91.63    2.97
86      65      83      7.02    54.71    95.18    0.54
108     35      93      4.56    86.15    100      0.22
39      34      83      7.6     50.78    68.28    0.89
6       74      90      7.82    63.43    94.87    1.27
1       90      94      4.96    78.62    100      0.09
5       54      89      7.01    73.36    100      0.1
16      87      73      2.25    60.3     13.83    0
37      65      70      9.53    69.49    77.85    2.09
25      16      45      14.96   64.78    32.26    6.42
23      20      82      7.33    48.2     40.32    1.73
84      89      82      7.74    61.41    79.59    6.56
20      78      80      8.39    34.93    100      2.36
38      65      66      7.48    77.49    92.02    0.41
8       74      86      6.4     77.63    100      0
24      20      88      7.08    56.93    92.21    3.07
8       51      88      5.12    55.69    100      0.07
18      29      92      4.16    84.05    100      0.09
77      100     83      5.29    75.57    100      2.19;
run;
proc genmod data=cari_devians;
    model y = x1 x2 x3 x4 x5 x6/dist = poisson
        link = log
type1
        type3 wald
scale=deviance;
run;

```

**Lampiran 4b.** Macro SAS Untuk Mendapatkan Nilai Devians dan *Pearson Chi Square* Regresi Poisson  $Y_2$ .

```

data cari_devians;
input y x1 x2 x3 x4 x5 x6;
datalines;
11    93    80    6.97  78.21  91.63  2.97
13    65    83    7.02  54.71  95.18  0.54
16    35    93    4.56  86.15  100    0.22
3     34    83    7.6   50.78  68.28  0.89
6     74    90    7.82  63.43  94.87  1.27
1     90    94    4.96  78.62  100    0.09
4     54    89    7.01  73.36  100    0.1
3     87    73    2.25  60.3   13.83  0
6     65    70    9.53  69.49  77.85  2.09
8     16    45    14.96 64.78  32.26  6.42
5     20    82    7.33  48.2   40.32  1.73
5     89    82    7.74  61.41  79.59  6.56
8     78    80    8.39  34.93  100    2.36
8     65    66    7.48  77.49  92.02  0.41
1     74    86    6.4   77.63  100    0
13    20    88    7.08  56.93  92.21  3.07
3     51    88    5.12  55.69  100    0.07
1     29    92    4.16  84.05  100    0.09
3     100   83    5.29  75.57  100    2.19;
run;
proc genmod data=cari_devians;
    model y = x1 x2 x3 x4 x5 x6/dist = poisson
        link = log
    type1
        type3 wald
    scale=deviance;
run;

```

### Lampiran 5. Hasil *Output* Pendeteksian Over/Underdispersi

#### Lampiran 5a. Hasil *Output* SAS Untuk Mendapatkan Nilai Devians dan *Pearson Chi Square* Regresi Poisson $Y_1$

Model Information			
Data Set	WORK.CARI_DEVIANS		
Distribution	Poisson		
Link Function	Log		
Dependent Variable	y		
Observations Used	19		
Criteria For Assessing Goodness Of Fit			
Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	12	364.5979	30.3832
Scaled Deviance	12	12.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	12	404.5405	33.7117
Scaled Pearson X2	12	13.3146	1.1096
Log Likelihood		59.8870	

#### Lampiran 5b. Hasil *Output* SAS Untuk Medapatkan Nilai Devians dan *Pearson Chi Square* Regresi Poisson $Y_2$

Model Information			
Data Set	WORK.CARI_DEVIANS		
Distribution	Poisson		
Link Function	Log		
Dependent Variable	y		
Observations Used	19		
Criteria For Assessing Goodness Of Fit			
Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	12	44.4929	3.7077
Scaled Deviance	12	12.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	12	44.2827	3.6902
Scaled Pearson X2	12	11.9433	0.9953
Log Likelihood		27.8906	

## Lampiran 6. Program R untuk Model BGPR

```
#Syntax BGPR
BGPR=function(data,alfa0,maxit,epsilon,print.info)
{
  library(pracma)
  library(MASS)

  n=nrow(data)
  y1=as.matrix((data[,1]))
  y2=as.matrix((data[,2]))
  x=data[,-c(1,2)]

  #Inisialisasi Parameter dari Poisson Regression
  f1=glm(formula=y1~x,family=quasipoisson(link=log))
  f2=glm(formula=y2~x,family=quasipoisson(link=log))
  beta1=f1$coefficients
  beta2=f2$coefficients
  x=as.matrix(cbind(rep(1,n),x))
  p=ncol(x)
  miu10=exp((x)%*%beta1)
  miu20=exp((x)%*%beta2)
  alfa1=summary(f1)$dispersion
  alfa2=summary(f2)$dispersion
  alfa012=as.matrix(c(alfa1,alfa2,alfa0))

  miu0=cov(y1,y2)

  rownames(alfa012)<-c('alfa1', 'alfa2','alfa0')
  start=as.matrix(c(beta1,beta2,miu0,alfa012))

  Q_BGPR=function(par)
  {
    beta1 = as.matrix(par[1:p])
    beta2 = as.matrix(par[(p+1):(2*p)])
    miu0 = par[2*p+1]
    miu1 = exp((x)%*%beta1)
    miu2 = exp((x)%*%beta2)
    alfa0 = par[2*p+2];
    alfa1 = par[2*p+3]
    alfa2 = par[2*p+4]
    A=matrix(nrow=n,ncol=1)
```

## Lampiran 6. Program R untuk Model BGPR (lanjutan)

```

for (i in 1:n)
{
  A1=log(miu0*miu1[i]*miu2[i])+((-
(miu0+miu1[i]+miu2[i])-(y1[i]*alfa1)-(y2[i]*alfa2)))
  kk=min(y1[i],y2[i])
  B4=matrix(ncol=1,nrow=kk+1)
  for (k in 0:kk)
  {
    B1=(lfactorial(y1[i]-k))+log((factorial(y2[i]-
k))*factorial(k)))
    B2=((y1[i]-k-1)*log(miu1[i]+(y1[i]-
k)*alfa1))+((y2[i]-k-1)*log(miu2[i]+(y2[i]-k)*alfa2))
    B3=((k-1)*log(miu0+k*alfa0)+((k*(alfa1+alfa2-
alfa0))))
    B4[k+1]=(B2+B3)-B1
  }
  A[i]=A1+sum(B4)
}
Q=sum(A);#print(A)
return(Q)
}

#Syntax Tampilan 1
Koefisien = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
Std.Error = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
Z.Value = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
P.Value = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
UjiSerentak = data.frame(matrix(0,ncol=1,nrow=9))

#Optimasi
fit = optim(par=start,fn=Q_BGPR,method="Nelder-
Mead",control=list(maxit=maxit,fnscale=-
1,trace=0,REPORT=0,reltol=epsilon,abstol=epsilon),hessi
an=T)
#Mengambil nilai-nilai hasil optimasi
Koefisien = round(fit$par,4)
hess = fit$hessian
n.iteration = fit$counts[1]
convergence =
  ifelse(fit$convergence==0,"Converged","Not-
Converged")
Hessian = round(hess,6)

```



## Lampiran 6. Program R untuk Model BGPR (lanjutan)

```
#Uji parsial koefisien
inv.hess = diag(pinv(-hess))
Std.Error =
round(as.matrix(sqrt(abs(inv.hess))),4)
Z.Value = round(Koefisien/Std.Error,4)
P.Value =
round(2*pnorm(abs(Z.Value),lower.tail=FALSE),4)

#Sintax Tampilan 2
rownames(Koefisien) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""), "Lamda0",paste("Alfa",c(0:2), sep=""))
rownames(Std.Error) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""), "Lamda0",paste("Alfa",c(0:2), sep=""))
rownames(Z.Value) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""), "Lamda0",paste("Alfa",c(0:2), sep=""))
rownames(P.Value) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""), "Lamda0",paste("Alfa",c(0:2), sep=""))

#Uji serentak dg G^2
par0 = as.matrix(rep(0,length(start)));
par0[c(1,(p+1),(2*p+1):(2*p+4))] =
Koefisien[c(1,(p+1),(2*p+1):(2*p+4))]
ln.H1 = round(fit$value,3)
ln.H0 = round(Q_BGPR(par0),3)
G2 = round(-2*(ln.H0-ln.H1),4)
v = 2*(p-2)
pvalF =
round(pchisq((G2),v,lower.tail=FALSE),5)

#Estimasi Y-hat BGPR
y1hat=(exp(x%%as.matrix(Koefisien[1:p])))

y2hat=(exp(x%%as.matrix(Koefisien[(p+1):(2*p)]))
)
```

## Lampiran 6. Program R untuk Model BGPR (lanjutan)

```

#Estimasi regresi (untuk pembanding hasil)
beta1.reg = as.matrix(lm(y1~x-1)$coef)
beta2.reg = as.matrix(lm(y2~x-1)$coef)
Y1.Reg    = as.matrix(x)%*%beta1.reg
Y2.Reg    = as.matrix(x)%*%beta2.reg

#AIC
error1     = as.matrix(y1-y1hat)
error2     = as.matrix(y2-y2hat)
E          = cbind(error1,error2)
Sigma.d    = (t(E)%*%E)/31
detD       = det(Sigma.d)
aic        = round((31*log(detD))-(2*2*p),3)
aic.reg    =
round((n*log(det((t(cbind(as.matrix(y1-
round(Y1.Reg)),as.matrix(y2-
round(Y2.Reg)))%*%cbind(as.matrix(y1-
round(Y1.Reg)),as.matrix(y2-
round(Y2.Reg))))/n)))-(2*2*5),3)
aic.pois.reg =
round((n*log(det((t(cbind(as.matrix(y1-
round(miu10)),as.matrix(y2-
round(miu20)))%*%cbind(as.matrix(y1-
round(miu10)),as.matrix(y2-round(miu20))))/n)))-(
(2*2*p),3)

#Sintax Tampilan 3
UjiSerentak      =
rbind(n.iteration,convergence,ln.H1,ln.H0,G2,pval
F,aic,aic.reg,aic.pois.reg)
rownames(UjiSerentak) = c("Number of
Iteration","Converged/Not","ln.H1","ln.H0","G^2",
"P.Value of F","AIC BGPR","AIC Regression","AIC
Poisson Regression")
colnames(UjiSerentak) = "Values"
UjiSerentak          = noquote(UjiSerentak)

Hasil=data.frame(cbind(y1,round(Y1.Reg),round((y1
hat),3),rep("|",nrow(x)),y2,round(Y2.Reg),round((
y2hat),3)))

```

## Lampiran 6. Program R untuk Model BGPR (lanjutan)

```

colnames(Hasil)=c("Y1", "Y1.Reg", "Y1.BGPR", "|", "Y2", "Y2.Reg", "Y2.BGPR")
UjiParsial=data.frame(cbind(Koefisien, Std.Error, Z.Value, P.Value), row.names = NULL)
colnames(UjiParsial)=c('Koefisien', 'Std.Error', 'Z.Value', 'P.Value')
rownames(UjiParsial)=c(paste("Beta1", c(0:(p-1)), sep=""), paste("Beta2", c(0:(p-1)), sep=""), "Lamda0", paste("Alfa", c(0:2), sep=""))
if (print.info==T)
{
  cat('      ', '\n')
  cat('      ', '\n')
  cat('***** Bivariate Generalized Poisson Regression\n')
  cat('      ', '\n')

cat('_____\n')
cat('      Hasil Penghitungan Y.hat BGPR\n')

cat('_____\n')
print(Hasil)
cat('      ', '\n')

cat('_____\n')
cat('      Hasil Uji Parsial BGPR\n')

cat('_____\n')
print(UjiParsial)
cat('      ', '\n')

cat('_____\n')
cat('      Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR\n')

cat('_____\n')
print(UjiSerentak)
}

list(Y1.hat=y1hat, Y2.hat=y2hat, Hasil=Hasil, Koefisien=Koefisien, Std.Error=Std.Error, Z.Value=Z.Value, P.Value=P.Value, UjiSerentak=UjiSerentak, AIC=aic, Error1=error1, Error2=error2, Hessian=Hessian)
}

```

**Lampiran 7. Langkah Menjalankan Program R BGPR**

```
#Load data

data      = as.matrix(read.csv("D://DATA
SUMBAR/DATA.csv",header=TRUE,sep=';',dec="."))

#data      = data[,-c(6)]
#Hapus Variabel (pada urutan ke-... dari data), jgn di
running jika tidak ada yg dihapus

#Load Sintax

source("D://DATA SUMBAR/BGPR Optim rev2.R")

#Parameter Iterasi

alfa0=12;  maxit=100;  epsilon=0.01;

#Running BGPR

Hasil_BGPR=BGPR(data,alfa0,maxit,epsilon,print.info)
```

**Lampiran 8.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	6.3983	1.0581	6.0470	0.0000
Beta11	-0.0050	0.0024	-2.0833	0.0372
Beta12	-0.0375	0.0103	-3.6408	0.0003
Beta13	-0.2480	0.0449	-5.5234	0.0000
Beta14	0.0057	0.0053	1.0755	0.2822
Beta15	0.0163	0.0037	4.4054	0.0000
Beta16	0.2700	0.0343	7.8717	0.0000
Beta20	3.6451	2.3401	1.5577	0.1193
Beta21	-0.0100	0.0051	-1.9608	0.0499
Beta22	-0.0244	0.0212	-1.1509	0.2498
Beta23	-0.0721	0.1005	-0.7174	0.4731
Beta24	-0.0056	0.0093	-0.6022	0.5470
Beta25	0.0167	0.0078	2.1410	0.0323
Beta26	0.1189	0.0798	1.4900	0.1362
Lamda0	82.8129	27.6597	2.9940	0.0028
Alfa0	33.7117	4.2022	8.0224	0.0000
Alfa1	11.9715	0.1758	68.0973	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6077	19.7466	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	19
Converged/Not	Converged
ln.H1	5299.801
ln.H0	-2480.553
G <sup>2</sup>	15560.708
P.Value of F	0
AIC BGPR	204.034
AIC Regression	145.631
AIC Poisson Regression	133.139

**Lampiran 9.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_2$   $X_3$   $X_5$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	7.2006	0.8927	8.0661	0.0000
Beta11	-0.0055	0.0024	-2.2917	0.0219
Beta12	-0.0424	0.0098	-4.3265	0.0000
Beta13	-0.2710	0.0439	-6.1731	0.0000
Beta14	0.0181	0.0033	5.4848	0.0000
Beta15	0.2729	0.0346	7.8873	0.0000
Beta20	2.7828	1.9465	1.4296	0.1528
Beta21	-0.0095	0.0050	-1.9000	0.0574
Beta22	-0.0192	0.0196	-0.9796	0.3273
Beta23	-0.0482	0.0947	-0.5090	0.6108
Beta24	0.0152	0.0075	2.0267	0.0427
Beta25	0.1168	0.0794	1.4710	0.1413
Lamda0	82.8129	26.3676	3.1407	0.0017
Alfa0	31.1363	3.9711	7.8407	0.0000
Alfa1	11.6361	0.1715	67.8490	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6076	19.7498	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	17
Converged/Not	Converged
ln.H1	6695.783
ln.H0	-12207.772
G <sup>2</sup>	37807.11
P.Value of F	0
AIC BGPR	211.568
AIC Regression	149.425
AIC Poisson Regression	139.035

**Lampiran 10.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_3$   $X_4$   $X_5$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	5.1196	0.9459	5.4124	0.0000
Beta11	-0.0274	0.0096	-2.8542	0.0043
Beta12	-0.1865	0.0375	-4.9733	0.0000
Beta13	0.0071	0.0052	1.3654	0.1721
Beta14	0.0127	0.0034	3.7353	0.0002
Beta15	0.2314	0.0291	7.9519	0.0000
Beta20	1.5882	2.0313	0.7819	0.4343
Beta21	-0.0078	0.0196	-0.3980	0.6906
Beta22	0.0255	0.0828	0.3080	0.7581
Beta23	-0.0031	0.0092	-0.3370	0.7361
Beta24	0.0092	0.0068	1.3529	0.1761
Beta25	0.0627	0.0690	0.9087	0.3635
Lamda0	82.8129	26.8637	3.0827	0.0021
Alfa0	32.1148	4.0595	7.9110	0.0000
Alfa1	12.4487	0.1807	68.8915	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6007	19.9767	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	17
Converged/Not	Converged
ln.H1	6400.576
ln.H0	4945.914
G <sup>2</sup>	2909.324
P.Value of F	0
AIC BGPR	214.474
AIC Regression	148.79
AIC Poisson Regression	140.64

**Lampiran 11.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_3$   $X_5$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	5.9813	0.7637	7.8320	0.0000
Beta11	-0.0324	0.0092	-3.5217	0.0004
Beta12	-0.2083	0.0360	-5.7861	0.0000
Beta13	0.0147	0.0031	4.7419	0.0000
Beta14	0.2310	0.0292	7.9110	0.0000
Beta20	1.1874	1.7002	0.6984	0.4849
Beta21	-0.0055	0.0185	-0.2973	0.7662
Beta22	0.0352	0.0793	0.4439	0.6571
Beta23	0.0086	0.0065	1.3231	0.1858
Beta24	0.0630	0.0689	0.9144	0.3605
Lamda0	82.8129	25.9643	3.1895	0.0014
Alfa0	30.3152	3.8986	7.7759	0.0000
Alfa1	12.0773	0.1759	68.6600	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6006	19.9800	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	15
Converged/Not	Converged
ln.H1	7330.343
ln.H0	2960.481
G <sup>2</sup>	8739.724
P.Value of F	0
AIC BGPR	220.412
AIC Regression	149.962
AIC Poisson Regression	145.452



**Lampiran 12.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_2$   $X_3$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.2219	0.6257	6.7475	0.0000
Beta11	-0.0002	0.0023	-0.0870	0.9307
Beta12	-0.0015	0.0060	-0.2500	0.8026
Beta13	-0.1274	0.0324	-3.9321	0.0001
Beta14	0.1997	0.0320	6.2406	0.0000
Beta20	1.2306	1.6093	0.7647	0.4445
Beta21	-0.0052	0.0045	-1.1556	0.2478
Beta22	0.0073	0.0143	0.5105	0.6097
Beta23	0.0260	0.0788	0.3299	0.7415
Beta24	0.0668	0.0754	0.8859	0.3757
Lamda0	82.8129	27.3792	3.0247	0.0025
Alfa0	33.1460	4.1518	7.9835	0.0000
Alfa1	12.0316	0.1747	68.8701	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6014	19.9534	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	15
Converged/Not	Converged
ln.H1	5634.47
ln.H0	5343.424
G <sup>2</sup>	582.092
P.Value of F	0
AIC BGPR	224.27
AIC Regression	150.79
AIC Poisson Regression	147.366

**Lampiran 13.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_2$   $X_3$   $X_4$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.8420	0.9385	4.0938	0.0000
Beta11	0.0023	0.0024	0.9583	0.3379
Beta12	-0.0151	0.0091	-1.6593	0.0971
Beta13	-0.0293	0.0347	-0.8444	0.3984
Beta14	0.0072	0.0051	1.4118	0.1580
Beta15	0.0065	0.0034	1.9118	0.0559
Beta20	2.8670	2.2097	1.2975	0.1945
Beta21	-0.0081	0.0049	-1.6531	0.0983
Beta22	-0.0177	0.0201	-0.8806	0.3785
Beta23	0.0112	0.0816	0.1373	0.8908
Beta24	-0.0051	0.0092	-0.5543	0.5794
Beta25	0.0132	0.0073	1.8082	0.0706
Lamda0	82.8129	28.6806	2.8874	0.0039
Alfa0	35.7633	4.3852	8.1555	0.0000
Alfa1	11.9132	0.1733	68.7432	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6043	19.8577	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	17
Converged/Not	Converged
ln.H1	4040.452
ln.H0	3777.385
G <sup>2</sup>	526.134
P.Value of F	0
AIC BGPR	222.507
AIC Regression	151.914
AIC Poisson Regression	145.394

**Lampiran 14.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_2$   $X_4$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.1447	0.5083	6.1867	0.0000
Beta11	0.0029	0.0022	1.3182	0.1874
Beta12	-0.0093	0.0063	-1.4762	0.1399
Beta13	0.0086	0.0049	1.7551	0.0792
Beta14	0.0052	0.0029	1.7931	0.0730
Beta20	3.1453	0.9147	3.4386	0.0006
Beta21	-0.0083	0.0046	-1.8043	0.0712
Beta22	-0.0199	0.0120	-1.6583	0.0973
Beta23	-0.0056	0.0086	-0.6512	0.5149
Beta24	0.0135	0.0069	1.9565	0.0504
Lamda0	82.8129	27.3700	3.0257	0.0025
Alfa0	33.1382	4.1505	7.9841	0.0000
Alfa1	11.6525	0.1698	68.6249	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6043	19.8577	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	15
Converged/Not	Converged
ln.H1	5492.568
ln.H0	5362.483
G <sup>2</sup>	260.17
P.Value of F	0
AIC BGPR	227.023
AIC Regression	152.723
AIC Poisson Regression	149.6

**Lampiran 15.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_3$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.0653	0.2822	14.4057	0.0000
Beta11	-0.0001	0.0023	-0.0435	0.9653
Beta12	-0.1228	0.0311	-3.9486	0.0001
Beta13	0.1994	0.0318	6.2704	0.0000
Beta20	2.0342	0.5568	3.6534	0.0003
Beta21	-0.0054	0.0045	-1.2000	0.2301
Beta22	-0.0016	0.0632	-0.0253	0.9798
Beta23	0.0659	0.0758	0.8694	0.3846
Lamda0	82.8129	26.2202	3.1584	0.0016
Alfa0	30.8349	3.9446	7.8170	0.0000
Alfa1	11.8255	0.1721	68.7130	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6009	19.9700	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	13
Converged/Not	Converged
ln.H1	6922.264
ln.H0	6678.574
G <sup>2</sup>	487.38
P.Value of F	0
AIC BGPR	229.115
AIC Regression	150.59
AIC Poisson Regression	153.958

**Lampiran 16.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_3$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.0527	0.1549	26.1633	0.0000
Beta11	-0.1219	0.0263	-4.6350	0.0000
Beta12	0.1986	0.0287	6.9199	0.0000
Beta20	1.5235	0.3312	4.5999	0.0000
Beta21	0.0320	0.0540	0.5926	0.5534
Beta22	0.0422	0.0693	0.6089	0.5426
Lamda0	82.8129	25.2587	3.2786	0.0010
Alfa0	28.9250	3.7729	7.6665	0.0000
Alfa1	11.9135	0.1729	68.9040	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5984	20.0535	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	11
Converged/Not	Converged
ln.H1	8079.164
ln.H0	7883.454
G <sup>2</sup>	391.42
P.Value of F	0
AIC BGPR	235.715
AIC Regression	151.203
AIC Poisson Regression	158.6

**Lampiran 17.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_3$   $X_6$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.1941	0.5856	7.1621	0.0000
Beta11	-0.0014	0.0060	-0.2333	0.8155
Beta12	-0.1258	0.0280	-4.4929	0.0000
Beta13	0.1985	0.0289	6.8685	0.0000
Beta20	0.5744	1.5199	0.3779	0.7055
Beta21	0.0089	0.0141	0.6312	0.5279
Beta22	0.0630	0.0709	0.8886	0.3742
Beta23	0.0450	0.0690	0.6522	0.5143
Lamda0	82.8129	26.2826	3.1509	0.0016
Alfa0	30.9591	3.9557	7.8265	0.0000
Alfa1	12.0571	0.1747	69.0160	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5988	20.0401	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	13
Converged/Not	Converged
ln.H1	6932.749
ln.H0	6683.003
G <sup>2</sup>	499.492
P.Value of F	0
AIC BGPR	230.799
AIC Regression	151.513
AIC Poisson Regression	154.712

**Lampiran 18.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1 X_2 X_3 X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.7439	0.7905	6.0011	0.0000
Beta11	0.0019	0.0024	0.7917	0.4285
Beta12	-0.0203	0.0088	-2.3068	0.0211
Beta13	-0.0529	0.0331	-1.5982	0.1100
Beta14	0.0087	0.0030	2.9000	0.0037
Beta20	2.1194	1.8459	1.1482	0.2509
Beta21	-0.0077	0.0049	-1.5714	0.1161
Beta22	-0.0132	0.0187	-0.7059	0.4803
Beta23	0.0307	0.0765	0.4013	0.6882
Beta24	0.0119	0.0069	1.7246	0.0846
Lamda0	82.8129	27.9302	2.9650	0.0030
Alfa0	34.2571	4.2507	8.0592	0.0000
Alfa1	11.5856	0.1691	68.5133	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6041	19.8643	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	15
Converged/Not	Converged
ln.H1	4809.415
ln.H0	3975.593
G <sup>2</sup>	1667.644
P.Value of F	0
AIC BGPR	228.535
AIC Regression	151.792
AIC Poisson Regression	151.432

**Lampiran 19.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_2$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.6329	0.4407	8.2435	0.0000
Beta11	0.0032	0.0022	1.4545	0.1458
Beta12	-0.0101	0.0065	-1.5538	0.1202
Beta13	0.0068	0.0027	2.5185	0.0118
Beta20	2.8020	0.7302	3.8373	0.0001
Beta21	-0.0082	0.0046	-1.7826	0.0747
Beta22	-0.0189	0.0118	-1.6017	0.1092
Beta23	0.0122	0.0065	1.8769	0.0605
Lamda0	82.8129	27.0220	3.0646	0.0022
Alfa0	32.4290	4.0878	7.9331	0.0000
Alfa1	11.3479	0.1660	68.3608	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6040	19.8675	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	13
Converged/Not	Converged
ln.H1	5795.7
ln.H0	5632.379
G <sup>2</sup>	326.642
P.Value of F	0
AIC BGPR	234.378
AIC Regression	151.739
AIC Poisson Regression	156.782



**Lampiran 20.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_3$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	5.0554	0.7107	7.1133	0.0000
Beta11	-0.0226	0.0085	-2.6588	0.0078
Beta12	-0.0640	0.0301	-2.1262	0.0335
Beta13	0.0095	0.0028	3.3929	0.0007
Beta20	1.0301	1.6730	0.6157	0.5381
Beta21	-0.0040	0.0181	-0.2210	0.8251
Beta22	0.0706	0.0698	1.0115	0.3118
Beta23	0.0074	0.0062	1.1935	0.2327
Lamda0	82.8129	26.8051	3.0894	0.0020
Alfa0	32.0054	4.0492	7.9041	0.0000
Alfa1	11.8811	0.1725	68.8759	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6000	20.0000	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	13
Converged/Not	Converged
ln.H1	6250.083
ln.H0	4995.589
G <sup>2</sup>	2508.988
P.Value of F	0
AIC BGPR	238.067
AIC Regression	154.267
AIC Poisson Regression	157.635

**Lampiran 21.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_3$   $X_4$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.2791	0.8828	4.8472	0.0000
Beta11	-0.0182	0.0089	-2.0449	0.0409
Beta12	-0.0443	0.0322	-1.3758	0.1689
Beta13	0.0066	0.0050	1.3200	0.1868
Beta14	0.0076	0.0032	2.3750	0.0175
Beta20	1.4365	1.9994	0.7185	0.4724
Beta21	-0.0064	0.0192	-0.3333	0.7389
Beta22	0.0606	0.0739	0.8200	0.4122
Beta23	-0.0032	0.0092	-0.3478	0.7280
Beta24	0.0081	0.0066	1.2273	0.2197
Lamda0	82.8129	27.5230	3.0089	0.0026
Alfa0	33.4420	4.1778	8.0047	0.0000
Alfa1	12.2172	0.1768	69.1018	0.0000
Alfa2	12.0000	0.6001	19.9967	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	15
Converged/Not	Converged
ln.H1	5523.355
ln.H0	5179.663
G <sup>2</sup>	687.384
P.Value of F	0
AIC BGPR	233.006
AIC Regression	154.584
AIC Poisson Regression	154.159

**Lampiran 22.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_3$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	4.0585	0.5831	6.9602	0.0000
Beta11	-0.0038	0.0058	-0.6552	0.5123
Beta12	-0.0249	0.0245	-1.0163	0.3095
Beta20	0.5459	1.5186	0.3595	0.7192
Beta21	0.0083	0.0140	0.5929	0.5532
Beta22	0.0857	0.0635	1.3496	0.1771
Lamda0	82.8129	26.6215	3.1108	0.0019
Alfa0	31.6305	4.0162	7.8757	0.0000
Alfa1	11.8340	0.1712	69.1238	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5984	20.0535	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	11
Converged/Not	Converged
ln.H1	6446.295
ln.H0	6294.437
G <sup>2</sup>	303.716
P.Value of F	0
AIC BGPR	244.147
AIC Regression	155.795
AIC Poisson Regression	163.031

**Lampiran 23.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_1$   $X_2$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.4258	0.4246	8.0683	0.0000
Beta11	0.0041	0.0021	1.9524	0.0509
Beta12	-0.0012	0.0052	-0.2308	0.8175
Beta20	2.4687	0.7237	3.4112	0.0006
Beta21	-0.0057	0.0041	-1.3902	0.1645
Beta22	-0.0039	0.0091	-0.4286	0.6682
Lamda0	82.8129	26.5242	3.1222	0.0018
Alfa0	31.4439	3.9990	7.8629	0.0000
Alfa1	11.6092	0.1684	68.9382	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5996	20.0133	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	11
Converged/Not	Converged
ln.H1	6467.916
ln.H0	6441.883
G <sup>2</sup>	52.066
P.Value of F	0
AIC BGPR	242.211
AIC Regression	155.373
AIC Poisson Regression	163.142

**Lampiran 24.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_4$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.2527	0.4925	6.6045	0.0000
Beta11	-0.0095	0.0061	-1.5574	0.1194
Beta12	0.0088	0.0047	1.8723	0.0612
Beta13	0.0061	0.0030	2.0333	0.0420
Beta20	2.8779	0.9397	3.0626	0.0022
Beta21	-0.0182	0.0121	-1.5041	0.1326
Beta22	-0.0057	0.0085	-0.6706	0.5025
Beta23	0.0095	0.0059	1.6102	0.1074
Lamda0	82.8129	26.3788	3.1394	0.0017
Alfa0	31.1396	3.9726	7.8386	0.0000
Alfa1	12.0423	0.1745	69.0103	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5996	20.0133	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	13
Converged/Not	Converged
ln.H1	6818.577
ln.H0	6744.147
G <sup>2</sup>	148.86
P.Value of F	0
AIC BGPR	239.043
AIC Regression	156.069
AIC Poisson Regression	160.256

**Lampiran 25.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$   $X_5$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.7649	0.4166	9.0372	0.0000
Beta11	-0.0105	0.0063	-1.6667	0.0956
Beta12	0.0079	0.0028	2.8214	0.0048
Beta20	2.5310	0.7670	3.2999	0.0010
Beta21	-0.0174	0.0119	-1.4622	0.1437
Beta22	0.0084	0.0057	1.4737	0.1406
Lamda0	82.8129	26.0030	3.1847	0.0014
Alfa0	30.4029	3.9058	7.7840	0.0000
Alfa1	11.7013	0.1702	68.7503	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5992	20.0267	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	11
Converged/Not	Converged
ln.H1	7128.479
ln.H0	6966.939
G^2	323.08
P.Value of F	0
AIC BGPR	245.582
AIC Regression	156.335
AIC Poisson Regression	164.582

**Lampiran 26.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_3$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.6729	0.1490	24.6503	0.0000
Beta11	-0.0136	0.0212	-0.6415	0.5212
Beta20	1.4332	0.2995	4.7853	0.0000
Beta21	0.0552	0.0388	1.4227	0.1548
Lamda0	82.8129	25.5493	3.2413	0.0012
Alfa0	29.5023	3.8248	7.7134	0.0000
Alfa1	11.7110	0.1695	69.0914	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5981	20.0635	0.0000

Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	Values
Number of Iteration	9
Converged/Not	Converged
ln.H1	7654.595
ln.H0	7649.812
G <sup>2</sup>	9.566
P.Value of F	0
AIC BGPR	248.928
AIC Regression	157.207
AIC Poisson Regression	168.974

**Lampiran 27.** Hasil Program Untuk Model BGPR Menggunakan Variabel  $X_2$

Hasil Uji Parsial BGPR				
	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.5732	0.4042	8.8402	0.0000
Beta11	0.0001	0.0048	0.0208	0.9834
Beta20	2.3311	0.7544	3.0900	0.0020
Beta21	-0.0062	0.0092	-0.6739	0.5004
Lamda0	82.8129	25.7574	3.2151	0.0013
Alfa0	29.9144	3.8619	7.7460	0.0000
Alfa1	11.7111	0.1696	69.0513	0.0000
Alfa2	12.0000	0.5970	20.1005	0.0000

Informsasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR	
	values
Number of Iteration	9
Converged/Not	Converged
ln.H1	7412.71
ln.H0	7359.388
G <sup>2</sup>	106.644
P.Value of F	0
AIC BGPR	251.09
AIC Regression	157.411
AIC Poisson Regression	169.411



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Yesi Ardila, lahir di Kabupaten Tanah Datar pada 10 Desember 1992 sebagai anak ketiga dari lima bersaudara. Adapun pendidikan formal yang telah ditempuh penulis dimulai dari SDN 11 Kecamatan Batipuh (1998-2004), MTsN Subang Anak Kecamatan Batipuh (2004-2007), MAN/MAKN 1 Kota Padang Panjang (2007-2010) dan Diploma III Statistika Universitas Negeri Padang (2011-2015). Semasa menempuh pendidikan tahap Diploma, penulis mengikuti beberapa organisasi diantaranya FORSIA dan HIMATIKA FMIPA UNP. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana di Departemen Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui seleksi Lintas Jalur. Semasa pendidikan tahap sarjana, penulis juga berkesempatan melaksanakan kerja praktek di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Padang Panjang. Bagi pembaca yang ingin menyampaikan kritik, saran, maupun diskusi mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email: [mujahidah.sholehah17@gmail.com](mailto:mujahidah.sholehah17@gmail.com).